



---

TESIS - RE142551

**UPAYA PENANGANAN GENANGAN  
BERWAWASAN LINGKUNGAN DI SISTEM  
DRAINASE KECAMATAN PANAKKUKANG  
KOTA MAKASSAR**

**SORAYA K. HADI  
3314202204**

**DOSEN PEMBIMBING  
Prof.Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.**

**PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**



TESIS - RE142551

**EFFORT OF INUNDATION HANDLING BASED ON  
ENVIRONMENTAL CONCEPT IN DRAINAGE  
SYSTEM AT SUBDISTRICT PANAKKUKANG,  
MAKASSAR CITY**

**SORAYA K. HADI  
3314202204**

**SUPERVISOR  
Prof.Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.**

**MASTER PROGRAM  
ENVIRONMENTAL SANITATION ENGINEERING  
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T.)  
di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Soraya K. Hadi  
NRP. 3314202204

Tanggal Ujian : 27 Juni 2016  
Periode Wisuda : September 2016

Disetujui oleh :



1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.  
NIP : 19660116 199703 1 001

(Pembimbing)



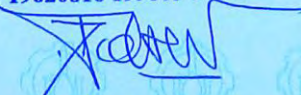
2. Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.  
NIP : 19530502 198103 1 004

(Penguji)



3. Ir. Mas Agus Mardiyanto, ME., Ph.D.  
NIP : 19620816 199003 1 004

(Penguji)



4. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D.  
NIP : 19600308 198903 1 001

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,



  
Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 196012021987011001

# **UPAYA PENANGANAN GENANGAN BERWAWASAN LINGKUNGAN DI SISTEM DRAINASE KECAMATAN PANAKKUKANG KOTA MAKASSAR**

Nama Mahasiswa : Soraya K. Hadi  
NRP : 3314 202 204  
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,  
M.Sc.

## **ABSTRAK**

Kecamatan Panakkukang merupakan salah satu kecamatan di Kota Makassar yang berkembang pesat. Pertambahan penduduk mempengaruhi peningkatan permintaan untuk pengembangan permukiman yang mengakibatkan peralihan fungsi lahan sehingga lahan terbuka hijau berkurang. Pengendalian genangan masih dilakukan dengan sistem konvensional. Maka dari itu, perlu adanya upaya penanganan genangan dengan sistem drainase berwawasan lingkungan yang dapat diterapkan di sistem drainase Kecamatan Panakkukang Kota Makassar.

Analisis yang ditinjau dalam penelitian ini meliputi aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek ekonomi dengan metode deskriptif kuantitatif. Pada aspek teknis, menganalisis debit saluran eksisting untuk mengetahui daya tampung terhadap debit aliran air hujan. Untuk aspek lingkungan, dilakukan analisis tentang konsep drainase berwawasan lingkungan yaitu sumur resapan. Sedangkan untuk aspek ekonomi menganalisis biaya pembangunan sumur resapan sesuai dengan harga satuan pokok kota Makassar serta biaya yang diakibatkan oleh genangan.

Berdasarkan hasil analisis, dari 26 saluran terdapat 19 saluran dengan sedimen yang tidak memenuhi kapasitasnya dengan total debit genangan sebesar  $51,50 \text{ m}^3/\text{dt}$  sedangkan untuk saluran tanpa sedimen terdapat 11 saluran dengan total debit genangan  $9,26 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Sehingga untuk menangani permasalahan genangan tersebut dengan penggerukan sedimen yang terdapat pada saluran serta diperlukan 2.512 unit sumur resapan dengan total debit yang dapat diresapkan  $9,33 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Biaya yang diperlukan pembuatan 1 unit sumur resapan untuk permukiman Rp.10.199.000,00 sedangkan untuk jalan raya/taman Rp.17.393.000,00. Adapun biaya kerugian dari semua lokasi yang mengalami genangan dengan total jumlah sebesar Rp.1.633.056.517,00.

**Kata Kunci:** *Drainase Berwawasan lingkungan, Genangan, Kecamatan Panakkukang*

# **EFFORT OF INUNDATION HANDLING BASED ON ENVIRONMENTAL CONCEPT IN DRAINAGE SYSTEM AT SUBDISTRICT PANAKKUKANG, MAKASSAR CITY**

Name : Soraya K. Hadi  
NRP : 3314 202 204  
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

## **ABSTRACT**

Subdistrict Panakkukang is one of the districts in the city of Makassar, which is growing rapidly. Population growth affects the increase in demand for residential development that resulted in the transition function of the land so green open land is reduced. Inundation control is still done with conventional systems. Therefore, the need for efforts to address inundation with environmentally friendly drainage system that can be applied in the drainage system subdistrict Panakkukang, Makassar City.

The analysis reviewed in this study include the technical aspects, environmental aspects and economic aspects with the quantitative descriptive method. On the technical aspects, analyze the existing discharge to determine the capacity to discharge storm water runoff. For environmental aspects, an analysis the concepts of environmentally drainage by infiltration wells. As for the economic aspect of analyzing the cost construction of infiltration wells in accordance on the unit price at research location and costs caused by flooding.

Based on the analysis, of the 26 channels there are 19 channels with sediment not able to accommodate with the discharge inundation total of 51,50 m<sup>3</sup>/sec, while there are 11 channels without sediment with discharge inundation total of 9,26 m<sup>3</sup>/sec. So, as to resolve the problems there are solutions with dredging sediment inundation contained in the channel as well as the required 2.512 units with a discharge total infiltration wells that can be permeated 9,33 m<sup>3</sup>/sec. Cost required the manufacture of one unit of infiltration wells for settlements IDR 10.199.000,00 while for highway or park IDR 17.393.000,00. As for the cost disadvantages of all locations that experienced inundation with a total amount of IDR 1.633.056.517,00.

**Keywords:** *Eco-drainage, Inundation, Subdistrict Panakkukang*

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Ruang Lingkup	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
<b>BAB II   TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Sistem Drainase	7
2.2 Karakteristik Sungai dan Daerah Aliran Sungai (DAS)	7
2.3 Faktor Penyebab Genangan	8
2.4 Drainase Perkotaan dan Permukiman	9
2.5 Konsep Drainase	10
2.5.1 Drainase Konvensional	10
2.5.2 Drainase Berwawasan Lingkungan	10
2.6 Standar Teknis yang digunakan	15
2.7 Aspek Teknis	16
2.7.1 Analisis Hidrologi	16
2.7.2 Curah Hujan Rerata Daerah	16
2.7.3 Curah Hujan Harian Maksimum Rencana	17
2.7.4 Uji Kecocokan	19
2.7.5 Pehitungan Intensitas Hujan	20
2.7.6 Analisis Lengkung Intensitas Hujan	22
2.7.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana	23
2.7.8 Debit Air Hujan	23

2.7.9 Koefisien Pengaliran	24
2.8 Analisis Hidrolika	25
2.8.1 Kapasitas Saluran	25
2.8.2 Debit Genangan/Limpasan yang terjadi	26
2.8.3 Debit Air Kotor	27
2.9 Aspek Lingkungan	27
2.9.1 Sumur Resapan	28
2.9.2 Perencanaan Pembuatan Sumur	29
2.9.3 Dimensi Sumur Resapan	30
2.9.4 Volume Sumur Resapan	30
2.10 Aspek Ekonomi	32
2.10.1 Tujuan Analisis Ekonomi	32
2.10.2 Kriteria Kelayakan Ekonomi	32
2.11 Penelitian Terdahulu	34
<b>BAB III GAMBARAN UMUM WILAYAH</b>	
3.1 Gambaran Umum Kota Makassar	37
3.1.1 Geografis	37
3.1.2 Topografi	38
3.1.3 Klimatologi	38
3.1.4 Kependudukan	38
3.1.5 Peruntukan Lahan DAS	38
3.2 Gambaran Umum Kecamatan Panakkukang	44
3.2.1 Letak Geografis	44
3.2.2 Kondisi Geografis	44
3.2.3 Kondisi Geologi	45
3.2.4 Kondisi Eksisting	45
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>	
4.1 Umum	53
4.2 Alur Pelaksanaan	53
4.3 Metode Pelaksanaan	55
4.4 Pengumpulan Data	55
4.5 Analisis Data	55

4.6	Kesimpulan dan Saran	57
<b>BAB V</b>	<b>ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
5.1	Identifikasi Penyebab Genangan	59
5.1.1	Kondisi Saluran Drainase	59
5.1.2	Evaluasi Pengendalian Genangan	61
5.2	Aspek Teknis	62
5.2.1	Analisis Hidrologi	62
5.2.2	Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan	79
5.2.3	Perhitungan Intensitas Hujan Rancangan	86
5.2.4	Analisis Debit Banjir	92
5.2.5	Analisis Debit Air Kotor	94
5.2.6	Analisis Debit Banjir Rancangan	97
5.2.7	Analisis Hidrolika	100
5.3	Aspek Lingkungan	106
5.3.1	Sumur Resapan	106
5.4	Aspek Ekonomi	110
5.4.1	Rencana Anggaran Biaya Sumur Resapan	110
5.4.2	Perhitungan Kerugian Akibat Genangan	111
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1	Kesimpulan	115
6.2	Saran	115
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>xiv</b>
	<b>LAMPIRAN I</b>	
	<b>LAMPIRAN II</b>	



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hubungan kondisi lahan dengan intensitas curah hujan	15
Tabel 2.2	Periode Ulang Saluran Drainase	16
Tabel 2.3	Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson III	18
Tabel 2.4	Nilai Kritis Do Untuk Uji Smirnov-Kolmogorov	20
Tabel 2.5	Koefisien Aliran (C)	24
Tabel 2.6	Nilai Koefisien Kekasaran Manning	25
Tabel 2.7	Tipe Penampang Saluran	26
Tabel 2.8	Koefisien Permeabilitas	29
Tabel 2.9	Faktor Geometrik Saluran Porus	31
Tabel 2.10	Deskripsi Tentang Sumur Resapan	32
Tabel 3.1	Luas Wilayah Kecamatan Panakkukang	37
Tabel 3.2	Luas Kelurahan dan Jumlah Penduduk di Kec. Panakkukang	44
Tabel 5.1	Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Tamangapa Kassi	62
Tabel 5.2	Perhitungan $(R_i - R)^2$ Stasiun Tamangapa Kassi	64
Tabel 5.3	Data Curah Hujan Maksimum Harian Tiap Stasiun Hujan	68
Tabel 5.4	Curah Hujan Maksimum Rata-Rata	69
Tabel 5.5	Mencari Nilai <i>Reduced Mean, <math>Y_n</math> dan Reduced Standard Deviation, <math>S_n</math></i>	70
Tabel 5.6	Nilai $Y_{TR}$ dan Faktor K	70
Tabel 5.7	Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel	71
Tabel 5.8	Hasil Perhitungan Rentang Keyakinan dan Perhitungan Rentang Keyakinan 90% Metode Gumbel	72
Tabel 5.9	Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum (HHM) Rencana Metode Gumbel dengan Rentang Keyakinan 90%	72
Tabel 5.10	Analisis Curah Hujan Rancangan Dengan Menggunakan Distribusi <i>Log Pearson Type III</i>	73
Tabel 5.11	Perhitunga Curah Hujan Rancangan Metode <i>Log Pearson Type III</i>	74
Tabel 5.12	Perhitungan Uji Chi-Square Metode Gumbel	76

Tabel 5.13	Perhitungan Uji Chi-Square Metode <i>Log Pearson Type III</i>	76
Tabel 5.14	Perhitunga Probabilitas Curah Hujan	77
	Uji Smirnov-Kolmogorov Metode Gumbel	
Tabel 5.15	Hasil Perhitungan Kesesuaian Menggunakan Metode Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov	78
Tabel 5.16	Intensitas Hujan dengan Metode <i>Van Breen</i>	79
Tabel 5.17	Intensitas Hujan untuk Kota Jakarta	79
Tabel 5.18	Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode <i>Van Breen</i>	80
Tabel 5.19	Pola Hujan Setiap Jam Menurut Tanimoto	81
Tabel 5.20	Pola Distribusi Hujan Harian Maksimum Per Jam	81
Tabel 5.21	Perhitungan Nilai R Tanimoto	82
Tabel 5.22	Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode <i>Bell</i>	83
Tabel 5.23	Perhitungan Nilai R	84
Tabel 5.24	Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode <i>Hasper Weduwen</i>	84
Tabel 5.25	Perbandingan Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Dengan Metoden Van Breen, Bell, dan Hasper Weduwen	85
Tabel 5.26	Lengkung Intensitas Hujan untuk PUH 5 Tahun	88
Tabel 5.27	Lengkung Intensitas Hujan untuk PUH 10 Tahun	88
Tabel 5.28	Rumus Intensitas Hujan untuk PUH 5 Tahun dan 10 Tahun	89
Tabel 5.29	Selisih Intensitas Hujan Metode Talbot, Sherman dan Ishiguro untuk PUH 5 Tahun	89
Tabel 5.30	Selisih Intensitas Hujan Metode Talbot, Sherman dan Ishiguro untuk PUH 5 Tahun	90
Tabel 5.31	Perbandingan Distribusi Intensitas Hujan dan Intensitas Hujan Rancangan	91
Tabel 5.32	Koefisien Pengaliran Saluran Primer di Kecamatan Panakkukang	92
Tabel 5.33	Jumlah Penduduk dan Pertumbuhan Penduduk di Kecamatan Panakkukang	94
Tabel 5.34	Nilai Korelasi Metode Aritmatik	95
Tabel 5.35	Nilai Korelasi Metode Geometrik	95

Tabel 5.36	Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Panakkukang	95
Tabel 5.37	Perhitungan Intensitas Hujan Rancangan di Kecamatan Panakkukang	98
Tabel 5.38	Analisis Debit Banjir Rancangan di Kecamatan Panakkukang	99
Tabel 5.39	Analisis Kapasitas Saluran dengan Sedimen di Kecamatan Panakkukang	102
Tabel 5.40	Analisis Kapasitas Saluran tanpa Sedimen di Kecamatan Panakkukang	103
Tabel 5.41	Rekapitulasi Evaluasi Kapasitas Saluran di Kecamatan Panakkukang	105
Tabel 5.42	Analisis Jumlah Sumur Resapan Kecamatan Panakkukang	109
Tabel 5.43	Rencana Anggaran Biaya Sumur Resapan untuk Permukiman	110
Tabel 5.44	Rencana Anggaran Biaya Sumur Resapan Untuk Jalan Raya/Taman	111
Tabel 5.45	Perhitungan Kerugian Akibat Banjir di Kecamatan Panakkukang	114

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kolam Konservasi	11
Gambar 2.2	Sumur Resapan	12
Gambar 2.3	<i>River Side Polder</i>	14
Gambar 2.4	Area Perlindungan Tanah	14
Gambar 2.5	Penggantian <i>Paving Block</i> ke <i>Grass Block</i>	15
Gambar 3.1	Peta Wilayah Administrasi Kota Makassar	40
Gambar 3.2	Peta Sungai di Kota Makassar	41
Gambar 3.3	Peta Pembagian Stasiun Hujan di Kota Makassar	42
Gambar 3.4	Lokasi Pintu Air di Kota Makassar	43
Gambar 3.5	Peta Wilayah Kecamatan Panakkukang	47
Gambar 3.6	Peta Kontur Kecamatan Panakkukang	48
Gambar 3.7	Peta Aliran Kecamatan Panakkukang	49
Gambar 3.8	Peta Genangan Kecamatan Panakkukang	50
Gambar 3.9	Peta Catchment Saluran Primer	51
Gambar 3.10	Peta Catchment Saluran Sekunder	52
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian	54
Gambar 5.1	Saluran drainase yang tidak memenuhi kapasitasnya	60
Gambar 5.2	Saluran warga mengalir langsung ke saluran primer	60
Gambar 5.3	Saluran tersumbat oleh sampah	61
Gambar 5.4	Saluran tertimbun oleh sedimen dan sampah	61
Gambar 5.5	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Tamangapa Kassi	63
Gambar 5.6	Kertas Distribusi Gumbel Tamangapa Kassi	65
Gambar 5.7	Grafik Homogenitas Stasiun Tamangapa Kassi	67
Gambar 5.8	Distribusi Intensitas Hujan PUH 5 Tahun	85
Gambar 5.9	Distribusi Intensitas Hujan PUH 10 Tahun	86
Gambar 5.10	Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun	90
Gambar 5.11	Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun	90
Gambar 5.12	Perbandingan Distribusi dan Intensitas Hujan	91
Gambar 5.13	Desain Sumur Resapan untuk Permukiman	107
Gambar 5.14	Desain Sumur Resapn untuk Jalan Raya/Taman	108

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Kota Makassar merupakan salah satu kota besar di Indonesia dengan jumlah penduduk 1.652.305 jiwa (BPS, 2014) merupakan daerah rawan banjir karena letaknya dekat dengan pantai. Perkembangan dan pertumbuhan kota Makassar yang cukup pesat akhir-akhir ini, di samping memperlihatkan hasil yang positif juga menimbulkan berbagai masalah bagi pemerintah daerah, misalnya arus urbanisasi yang tinggi, kondisi perumahan yang belum memenuhi standar dan syarat kesehatan, penggunaan tanah kota yang semrawut, lalu lintas kurang teratur, banjir yang terjadi setiap tahun, pengelolaan sampah yang kurang baik, air bersih yang masih terbatas, jalan masih banyak mengalami kerusakan dan masalah lain yang merupakan dampak hasil pembangunan (Rauf, 2014). Pertambahan jumlah penduduk tentu saja mengakibatkan semakin besarnya permintaan untuk pembangunan perumahan serta fasilitas penunjang lainnya. Tuntutan yang semakin besar untuk memenuhi permintaan perumahan mengakibatkan peralihan fungsi lahan yang semula berfungsi sebagai areal pertanian, perkebunan berubah fungsi menjadi areal perumahan ataupun areal perdagangan sehingga lahan terbuka hijau yang berfungsi sebagai daerah resapan air berkurang (BPS Kota Makassar, 2013).

Secara umum alur jaringan drainase di Kota Makassar mengikuti pola jaringan jalan kota yang ada. Sistem pembuangan air hujan masih menjadi satu dengan sistem pembuangan air kotor. Sistem drainase campur ini, kurang menguntungkan untuk daerah yang landai, sehingga terjadi pengendapan dan penggenangan di dalam saluran yang menyebabkan bau tidak sedap dan pemandangan yang tidak enak dipandang mata.

Genangan yang melanda Kota Makassar tidak terlepas dari kesadaran masyarakat yang kurang menjaga saluran primer maupun sekunder. Beberapa saluran drainase tersumbat diakibatkan sampah yang menutup saluran drainase dan sedimen yang dapat menghambat laju aliran air hujan. Selain itu,

kurangnya pengawasan pemerintah dalam pengaturan tata bangunan sehingga banyak permukiman di Makassar meninggikan lantainya tidak sesuai dengan aturan (Pemkot Makassar,2014).

Kawasan rawan banjir di Kota Makassar berada di beberapa wilayah seperti Kecamatan Manggala, Kecamatan Panakkukang, Kecamatan Rappocini, Kecamatan Tallo, Kecamatan Tamalanrea dan Kecamatan Biringkanaya. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Makassar 2005-2015 bahwa Kecamatan Panakkukang akan dikembangkan menjadi kawasan permukiman terpadu.

Beberapa kelurahan di Kecamatan Panakkukang rawan terjadi genangan setiap musim penghujan yaitu Kelurahan Tello Baru, Kelurahan Pampang, Kelurahan Paropo, dan Kelurahan Panaikang. Wilayah terdampak paling luas adalah Kelurahan Pampang sebesar 151,80 ha dampak genangan yang terjadi karena pembangunan permukiman yang melanggar garis sempadan Sungai Pampang. Sedangkan untuk Kelurahan Panaikang terdampak seluas 148,80 ha karena permukiman yang semakin padat sehingga saluran drainase yang ada tidak memadai, saluran tersumbat oleh sampah dan tingginya sedimentasi (BPBD Kota Makassar, 2014).

Masalah genangan yang terjadi di Kecamatan Panakkukang pada saat hujan, air yang menggenang setinggi <30 cm dan surut dalam 3-4 jam. Sedangkan untuk genangan yang terjadi pada saat pasang bersamaan dengan curah hujan yang tinggi, genangan setinggi 50-60 cm selama 2-3 hari (BPBD Kota Makassar, 2014). Penyebabnya adalah saluran drainase yang tidak memenuhi kapasitas, pembangunan pemukiman yang melanggar tata guna lahan, pembangunan yang melanggar garis sempadan sungai sehingga saluran drainase menjadi dangkal, penyempitan pada alur drainase akibat pembangunan permukiman di atas saluran drainase, tingginya sedimentasi, terjadinya pasang surut air laut bersamaan dengan curah hujan yang tinggi dan saluran drainase yang berfungsi sebagai tempat pembuangan air limbah dianggap sebagai tempat pembuangan sampah oleh masyarakat.

Kecamatan Panakkukang merupakan salah satu kecamatan yang berada di tengah Kota Makassar dan merupakan daerah yang berkembang sangat pesat.

Tata guna lahan terbesar di Kecamatan Panakkukang adalah permukiman, kawasan industri, perdagangan dan perkantoran. Salah satu perkembangan pembangunan suatu daerah yang sangat menonjol adalah perkembangan perekonomian melalui bidang perdagangan. Seperti di kelurahan Pandang terdapat pusat perbelanjaan yang cukup besar dan di kelurahan Panaikang yang merupakan daerah rawan banjir terdapat kantor gubernur. Sehingga pada saat terjadi genangan menimbulkan dampak pada kegiatan ekonomi seperti pada kawasan industri yang tidak dapat beroperasi dengan baik, para tenaga kerja sulit untuk bekerja karena mengalami kemacetan hingga kurangnya konsentrasi dalam bekerja serta gangguan kesehatan.

Kondisi tanah di Kecamatan Panakkukang Kota Makassar adalah jenis tanah inceptisol yang tergolong sebagai tanah muda dengan tingkat perkembangan lemah yang dicirikan oleh horizon penciri kambik. Tanah ini terbentuk dari berbagai macam bahan induk yaitu alluvium, batu pasir, batu liat, dan batu gamping. Inceptisol mempunyai kandungan liat yang rendah, yaitu <8% pada kedalaman 20-50 cm. Penyebaran tanah ini berada di dataran struktural datar. Pada umumnya kandungan unsur hara inceptisol dari rendah sampai sedang, mudah sampai agak sukar merembes air. Apabila berada pada kondisi tergenang terjadi untuk selang waktu yang lama pada kedalaman 40-50 cm (Sanchez, 1992).

Melihat kondisi di Kecamatan Panakkukang yang masih mengalami genangan, maka evaluasi sistem drainase dianalisis dengan aspek teknis untuk mengetahui kapasitas saluran eksisting yang memenuhi serta debit genangan yang terjadi. Analisis ini dapat diperhitungkan menggunakan metode yang umum dengan perhitungan hidrologi dan hidrolika untuk mengetahui kapasitas saluran yang ditinjau (Kemen PU, 2011)

Sistem drainase di Kecamatan Panakkukang masih dilakukan dengan sistem drainase secara konvensional yaitu air hujan dialirkan segera ke badan air. Konsep drainase konvensional memiliki kekurangan yaitu tidak memberikan kesempatan air untuk meresap ke dalam tanah sehingga menimbulkan masalah kekeringan pada musim kemarau dan saluran air hujan menjadi *run-off*.

Untuk mengatasi permasalahan pengendalian genangan dari segi aspek lingkungan akan dilakukan sistem drainase yang berwawasan lingkungan dengan prinsip dasar mengendalikan kelebihan air genangan dengan pengaliran, terkendali dan air hujan yang meresap memiliki kesempatan dimanfaatkan untuk keperluan pengendalian air bagi kepentingan permukiman, memperbaiki dimensi struktur drainase yang kurang efisien, kerugian dapat diminimalisir, serta kualitas ekosistem dan lingkungan menjadi lebih baik.

Permasalahan dari aspek ekonomi sendiri dengan melihat kerugian yang ditimbulkan akibat genangan yang terjadi seperti dampak gangguan kesehatan, kemacetan lalu lintas, terganggunya aktivitas sehari-hari, produksi perdagangan tidak dapat berjalan. Maka dari itu diperhitungkan biaya dampak kerugian akibat genangan serta pembangunan alternatif penanganan genangan di Kecamatan Panakkukang Kota Makassar.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Melihat dari latar belakang penelitian ini, maka dapat dirumuskan beberapa masalah di permukiman Kecamatan Panakkukang Kota Makassar yaitu sebagai berikut:

1. Sistem drainase di Kecamatan Panakkukang Kota Makassar saat ini masih mengalami genangan.
2. Penanganan genangan saat ini masih menggunakan sistem drainase konvensional yang belum sesuai dengan penggunaan sistem drainase berwawasan lingkungan yang mampu mengurangi genangan di sistem drainase Kecamatan Panakkukang Kota Makassar.
3. Biaya pembangunan alternatif penanganan genangan saat ini belum diketahui, sehingga diperlukan perhitungan untuk mengetahui besar biaya yang diperlukan dalam menangani masalah genangan.



### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi dan mengevaluasi daya tampung drainase di Kecamatan Panakkukang Kota Makassar untuk kurun waktu 10 tahun kedepan.
2. Mendesain dan menganalisis upaya penanganan genangan pada sistem drainase dengan penggunaan drainase berwawasan lingkungan untuk mengurangi lama genangan ditinjau dari aspek lingkungan.
3. Menghitung dan menganalisis *cost benefit* dalam menangani masalah genangan.

### 1.4 Ruang Lingkup

Dari latar belakang yang telah diuraikan di atas maka ruang lingkup dalam pembahasan ini adalah sebagai berikut:

1. Daerah penelitian dikhususkan pada daerah yang rawan mengalami genangan di Kecamatan Panakkukang Kota Makassar dengan catchment area seluas 17,05 km<sup>2</sup>.
2. Aspek yang dianalisis dalam penelitian ini sebagai berikut:
  - a. Aspek teknis,
    - Pengukuran: Lebar saluran, kedalaman saluran, penampang saluran, tinggi sedimentasi, kecepatan aliran, tinggi genangan, luas genangan, dan lama genangan.
    - Perhitungan debit banjir menggunakan PUH 10 tahun untuk saluran primer dan PUH 5 tahun untuk saluran sekunder.
    - Mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting di permukiman Kecamatan Panakkukang Kota Makassar.
  - b. Aspek lingkungan, dilakukan upaya penanganan genangan dengan sistem drainase berwawasan lingkungan yang sesuai dengan karakteristik wilayah Kecamatan Panakkukang Kota Makassar. Pemilihan alternatif yang akan dikaji adalah sumur resapan, drainase porus, atau kolam konservasi.
  - c. Aspek ekonomi, meliputi perhitungan biaya pemilihan alternatif penanganan genangan pembangunan konstruksi dengan menghitung *Benefit Cost Ratio* (BCR) dan *Net Present Value* (NPV) dan

memperhitungkan valuasi ekonomi dengan metode nilai ekonomi kerusakan lingkungan .

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai saran serta alternatif pemecahan masalah genangan dengan potensi konsep sistem drainase yang berwawasan lingkungan sehingga mereduksi potensi banjir di daerah tersebut serta menjadi referensi untuk menyempurnakan proses perencanaan drainase di permukiman Kecamatan Panakkukang Kota Makassar.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Drainase**

Sistem drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air (banjir) dari suatu kawasan atau lahan. Berikut merupakan pengertian dari drainase, banjir, dan genangan.

- a. Drainase adalah tindakan teknis untuk mengendalikan kelebihan air hujan, agar dapat tersalurkan menuju ke badan air penerima dengan aman, sehingga dapat dikendalikan kemungkinan adanya kejadian banjir, genangan air, erosi lapisan tanah, dan kerusakan dan gangguan fisik, kimiawi dan biologi terhadap lingkungan (Masduki, 1998).
- b. Banjir adalah volume air yang masuk ke suatu wilayah dalam satuan waktu lebih besar dari pada yang dapat meresap maupun segera dialirkan ke sungai.
- c. Genangan adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (kali) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang (Suripin, 2004).

#### **2.2 Karakteristik Sungai dan Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Beberapa bentuk aliran permukaan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu aliran limpasan pada permukaan tanah, aliran melalui selokan, aliran melalui sungai-sungai kecil, dan aliran melalui sungai utama (Triatmodjo, 2010).

Sungai adalah wadah-wadah dan tempat-tempat serta jaringan pengaliran yang dimulai dari mata air hingga muara dengan pembatas kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan (Peraturan Pemerintah RI no. 35 Tahun 1991 tentang Sungai). Fungsi utama sungai adalah menampung curah hujan dan mengalirkannya hingga ke laut.

## 2.3 Faktor Penyebab Genangan

Proses terjadinya genangan dan banjir disebabkan oleh faktor kondisi alam dan ulah manusia (Ditjen PPLP, 2011).

### 1. Faktor Kondisi Alam

- Geografi  
Apabila kota dibangun di daerah pegunungan akan menyebabkan lahan resapan air tertutup oleh bangunan dan infrastruktur kota menjadikan debit banjir meningkat yang mengancam kota di bagian hilir.
- Jenis Tanah  
Tipe dan distribusi tanah dalam suatu daerah aliran sungai dapat mempengaruhi control aliran bawah permukaan melalui infiltrasi. Jenis tanah yang memiliki tekstur berpasir akan memiliki daya infiltrasi yang lebih tinggi daripada jenis tanah berlempung (Kementerian Kehutanan, 2013).
- Topografi  
Pada kondisi topografi yang bergelombang, kota yang berada pada bagian yang rendah akan rawan terkena banjir dan genangan.
- Geometri Alur Sungai  
Kemiringan dasar sungai yang terlalu besar akan menimbulkan gerusan dasar sungai yang menyebabkan konsentrasi sedimentasi pada bagian hilir yang datar, menyebabkan saluran atau sungai cepat menjadi dangkal. geometrik hidrolis seperti bentuk penampang sungai (lebar sungai, kedalaman sungai, material dasar sungai).
- Curah Hujan  
Curah hujan dengan intensitas tinggi merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya banjir dan genangan.
- Tinggi Pasang Surut Laut  
Air pasang dapat memperlambat laju aliran sungai yang menuju ke laut. Saat terjadi banjir yang bersamaan dengan air pasang maka tinggi genangan akan menjadi lebih tinggi sebab terjadinya aliran balik (*back water*).

## 2. Faktor Ulah Manusia

- Penyimpangan Rencana Umum Tata Ruang pada bantaran banjir dan Daerah Aliran Sungai yang tidak sesuai dengan peruntukan.
- Permukiman di bantaran sungai dan di atas saluran drainase.
- Pengambilan air tanah yang berlebihan, menyebabkan terjadinya penurunan lahan.
- Pembuangan sampah oleh masyarakat ke dalam saluran drainase.
- Pemeliharaan rutin yang terabaikan menyebabkan saluran cepat menjadi dangkal.

### 2.4 Drainase Perkotaan dan Permukiman

Drainase perkotaan adalah sistem drainase dalam wilayah administrasi kota dan daerah perkotaan (urban) yang berfungsi untuk mengendalikan atau meringankan kelebihan air permukaan di daerah permukiman yang berasal dari hujan lokal, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kehidupan manusia.

Dalam suatu perkotaan drainase berfungsi sebagai pengendali dan mengalirkan limpasan air hujan yang berlebihan dengan aman, dan juga untuk menyalurkan kelebihan air lainnya yang mempunyai dampak mengganggu atau mencemari lingkungan perkotaan. Drainase juga dapat diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas, dimana drainase merupakan suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut.

Sedangkan drainase permukiman mencakup tentang pengelolaan pengaliran air limpasan (*Run Off*) yang berasal dari hujan yang jatuh pada daerah perkotaan kedalam sistem pembuangan/drainase alamiah seperti sungai, danau, dan laut. Fasilitas waduk retensi/penampung dan pompa drainase adalah bagian dari sistem drainase.

## **2.5 Konsep Drainase**

### **2.5.1 Drainase Konvensional**

Konsep drainase konvensional berprinsip membuang kelebihan air hujan secepat-cepatnya lalu dialirkan ke badan air. Dampak negatif yang ditimbulkan dari konsep ini adalah tidak membiarkan air meresap ke dalam tanah. Turunnya muka air tanah disebabkan oleh infiltrasi yang rendah.

Konsep drainase konvensional sampai saat ini masih banyak digunakan, sehingga menyebabkan makin langkanya kebutuhan air baku untuk air minum, maka diperlukan konsep baru dalam penanganan drainase dengan mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air baku dengan meresapkan air permukaan ke dalam tanah.

### **2.5.2 Drainase Berwawasan Lingkungan**

Drainase berwawasan lingkungan adalah pengelolaan drainase yang tidak menimbulkan dampak yang merugikan bagi lingkungan. Menurut Dr. Ir. Suripin M.Eng dari Universitas Diponegoro, berdasarkan fungsinya terdapat 2 (dua) pola yang dipakai untuk menahan air hujan, yaitu:

- a. Pola detensi (menampung air sementara), yaitu menampung dan menahan air limpasan permukaan sementara untuk kemudian mengalirkannya ke badan air misalnya dengan membuat kolam penampungan sementara untuk menjaga keseimbangan tata air.
- b. Pola retensi (meresapkan), yaitu menampung dan menahan air limpaan permukaan sementara dengan memberikan kesempatan air tersebut untuk dapat meresap ke dalam tanah secara alami antara dengan membuat bidang resapan untuk menunjang kegiatan konservasi air.

Eko-drainase atau drainase berwawasan lingkungan menjadi konsep utama dan merupakan implementasi pemahaman baru konsep ekohidraulik dalam bidang drainase. Konsep ini sifatnya mutlak di daerah beriklim tropis dengan perbedaan musim hujan dan kemarau yang ekstrim seperti di Indonesia.

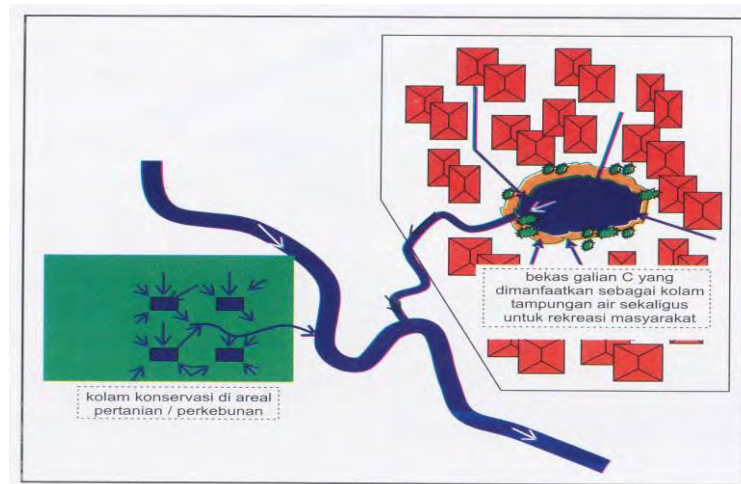
Beberapa metode drainase berwawasan lingkungan yang dapat dipakai di Indonesia, antara lain adalah:

- **Metode kolam konservasi**

Metode kolam konservasi dilakukan dengan membuat kolam air, baik di perkotaan, permukiman, pertanian, atau perkebunan. Kolam konservasi ini dibuat untuk menampung air hujan terlebih dahulu, diresapkan dan sisanya dapat dialirkan ke sungai secara perlahan.

Kolam konservasi dapat dikembangkan menjadi bak-bak permanen air hujan, khususnya di daerah dengan intensitas hujan rendah. Untuk areal pertanian dan perkebunan yang sudah mendesak, untuk segera direncanakan dan dibuat parit (kolam) konservasi air hujan yang penting untuk cadangan air di musim kemarau dan meningkatkan konservasi air hujan di daerah hulu.

Kolam konservasi dapat dibuat dengan memanfaatkan daerah yang mempunyai topografi rendah, daerah bekas galian material, atau dapat membuat dengan menggali suatu area tertentu. Konstruksi parit cukup sederhana yang berupa galian tanah memanjang ataupun membujur di beberapa tempat dan parit tersebut bisa dijadikan tempat budidaya ikan, dan lain sebagainya.



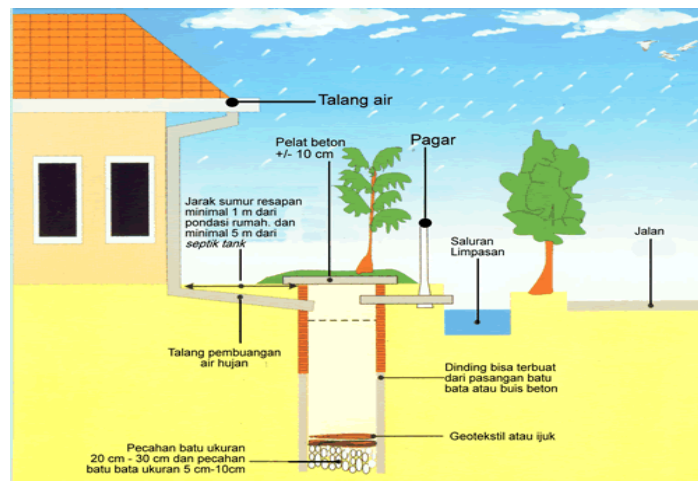
**Gambar 2.1** Kolam Konservasi

- **Metode sumur resapan**

Sumur resapan merupakan salah satu solusi murah dan cepat untuk masalah banjir. Metode ini merupakan metode praktis dengan cara

membuat sumur-sumur untuk mengalirkan air hujan yang jatuh pada atap perumahan atau kawasan tertentu sehingga air hujan dapat masuk ke dalam sumur. Air yang tertampung diresapkan pelan-pelan sebanyak mungkin ke dalam tanah dan dapat dimanfaatkan kembali pada musim kemarau. Sumur resapan hanya di khususkan untuk air hujan.

Penerapan sumur resapan untuk kawasan permukiman akan memberikan keuntungan ganda, selain memperkecil dimensi jaringan drainase juga dapat menambah jumlah air tanah. Penempatan sumur resapan pada daerah permukiman dapat dilakukan secara individu atau kolektif, tergantung segi teknis dan ekonomis.



**Gambar 2.2** Sumur Resapan

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2453-2002) Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan harus memenuhi beberapa persyaratan umum seperti:

- Sumur resapan air hujan ditempatkan pada lahan yang relatif datar, tidak pada tanah berlereng, curam atau labil.
- Sumur resapan jauh dari tempat penimbunan sampah, jauh dari *septic tank* (minimum 5 m diukur dari tepi), 1,5 dari jalan umum dan berjarak minimum 1 m dari pondasi bangunan.
- Kedalaman muka air tanah minimum 1,5 m pada musim hujan. Sumur resapan maksimum 2 m di bawah permukaan tanah.



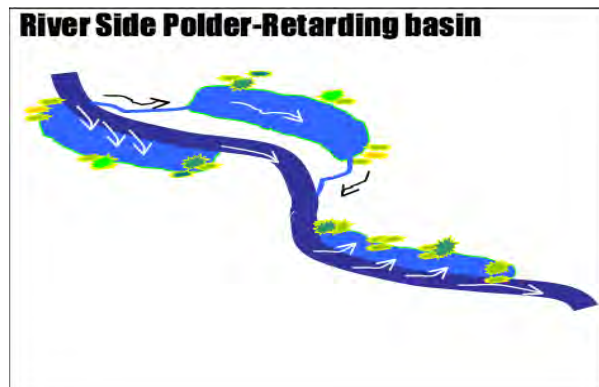
- Struktur tanah harus mempunyai permeabilitas tanah (kemampuan tanah menyerap air) lebih besar atau sama dengan 2,0 cm/jam (artinya, genangan air setinggi 2 cm akan teresap habis dalam 1 jam), dengan tiga klasifikasi, yaitu:
  - Permeabilitas sedang, yaitu 2,0-3,6 cm/jam.
  - Permeabilitas tanah agak cepat (pasir halus), yaitu 3,6-36 cm/jam.
  - Permeabilitas tanah cepat (pasir kasar), yaitu lebih besar dari 36 cm/jam.

### **Manfaat Sumur Resapan**

1. Menambah jumlah air yang masuk ke dalam tanah.
2. Menjaga keseimbangan hidrologi air tanah sehingga dapat mencegah intrusi air laut.
3. Mereduksi dimensi jaringan.
4. Menurunkan konsentrasi pencemaran *air tanah*.
5. Mempertahankan tinggi muka *air tanah*.
6. Mengurangi limpasan air permukaan sehingga dapat mencegah banjir.
7. Mencegah terjadinya penurunan tanah.

### **• Metode *river side polder***

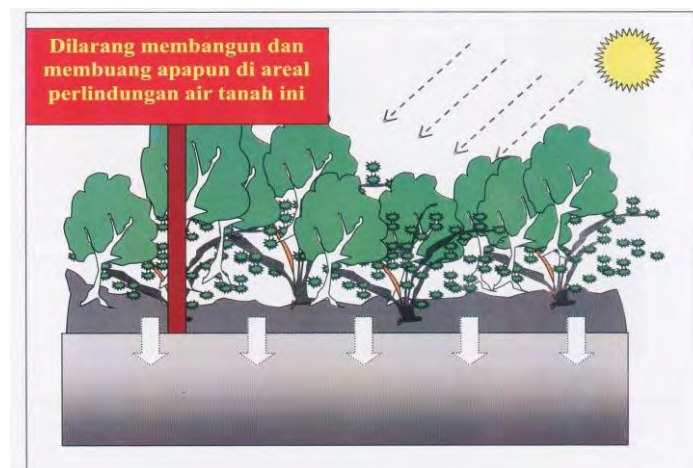
Metode ini menahan aliran air dengan mengelola/menahan air kelebihan (hujan) di sepanjang bantaran sungai. Pembuatan polder pinggir sungai ini dilakukan dengan memperlebar bantaran sungai di berbagai tempat secara selektif di sepanjang sungai. Lokasi polder mendekati kondisi alamiah, dalam arti bukan polder dengan pintu-pintu hidraulik teknis dan tanggul-tanggul lingkaran hidraulik yang mahal. Pada saat muka air naik, sebagian air akan mengalir ke polder dan akan keluar jika banjir reda, sehingga banjir di hilir dapat dikurangi dan konservasi air terjaga.



**Gambar 2.3** *River Side Polder*

- **Metode areal perlindungan air tanah (*ground water protection area*)**

Metode areal perlindungan air tanah dilakukan dengan cara menetapkan kawasan lindung untuk air tanah, dimana kawasan tersebut harus bebas dari bangunan apapun. Alasan dari bebas bangunan adalah agar peresapan air hujan ke dalam tanah. Kawasan lindung tersebut harus cocok dari segi geologi dan ekologi sebagai tempat untuk *recharge* dan perlindungan air tanah (Juanvickey, 2015)

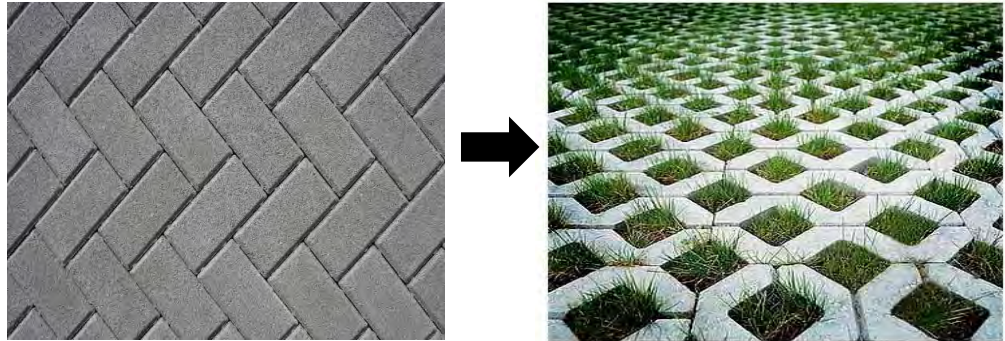


**Gambar 2.4** Area Perlindungan Tanah

- **Mengganti *paving block* dengan *grass block* yang dapat menyerap air**

Jalan yang telah tertutup dengan paving block akan membuat air tidak dapat meresap langsung ke tanah, akibatnya air akan menggenang, dan memicu terjadinya banjir. Penggantian dengan grass block dapat

membantu meresapkan air hujan ke tanah lebih cepat, karena permukaannya yang berlubang. Sehingga genangan air dapat diminimalkan, air dapat diresapkan dan disimpan ke dalam tanah, serta mencegah potensi terjadinya banjir.



**Gambar 2.5** Penggantian *paving block* ke *Grass Block*

## 2.6 Standar Teknis yang digunakan

Kriteria yang dipakai sebagai patokan agar suatu kawasan memenuhi syarat terhadap keparahan banjir/genangan ditunjukkan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Hubungan kondisi lahan dengan intensitas curah hujan

<b>Derajat curah hujan</b>	<b>Intensitas curah hujan (mm/jam)</b>	<b>Kondisi</b>
Hujan sangat lemah	< 1,20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit
Hujan lemah	1,20 - 3,00	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddel
Hujan normal	3,00 - 18,0	Dapat dibuat puddel dan bunyi hujan kedengaran
Hujan deras	18,0 - 60,0	Air tergenang di seluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan terdengar berasal dari genangan
Hujan sangat deras	> 60,0	Hujan seperti ditumpahkan, sehingga saluran dan drainase meluap

Sumber: Suripin, 2004

**Tabel 2.2 Periode Ulang Saluran Drainase**

No.	Jenis Kawasan	Saluran Primer	Saluran Sekunder	Saluran Tersier
1	Permukiman			
	• Kota sedang	5-10 tahun	2-5 tahun	2-5 tahun
	• Kota kecil	10-20 tahun	2-5 tahun	2-5 tahun
2	Industri	2-5 tahun	2-5 tahun	2-5 tahun
3	Perumahan	5-20 tahun	2-5 tahun	2-5 tahun

Sumber: Suripin, 2004

## **2.7 Aspek Teknis**

### **2.7.1 Analisis Hidrologi**

Proses analisa hidrologi umumnya diperlukan untuk menganalisa curah hujan dan menentukan besarnya debit banjir rencana yang mana debit banjir rencana akan berpengaruh besar terhadap besarnya debit maksimum kestabilan konstruksi yang akan dibangun.

#### **2.7.2 Curah Hujan Rerata Daerah**

Untuk menentukan besarnya curah hujan rerata daerah digunakan cara metode rata-rata Aljabar. Metode ini adalah metode yang paling sederhana dalam perhitungannya. Alasannya adalah diasumsikan semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang sama. Metode ini cocok untuk daerah yang mempunyai topografi datar, alat penakar hujan tersebar merata, dan nilai curah hujan terlalu jauh dari nilai rata-ratanya. Cara perhitungannya adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1983):

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

dengan

P = tinggi curah hujan rata-rata daerah (mm)

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, .. R<sub>n</sub> = tinggi curah hujan pada titik pengamatan (mm)

n = banyaknya stasiun hujan

### 2.7.3 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum Rencana

Digunakan 3 (tiga) metode untuk menghitung curah hujan harian maksimum perencanaan yaitu *metode Gumbel* dan *Log-Pearson Tipe III*. Dari ketiga hasil perhitungan tersebut, dipilih salah satu yang cakupan nilainya paling besar untuk dilakukan uji kecocokan.

#### 1. Metode Gumbel

Hujan rencana dengan periode ulang tertentu ditentukan dengan menggunakan Metode Gumbel. Persamaan yang dipakai adalah (Soewarno, 1995):

$$R_T = R + \frac{\sigma_R}{\sigma_n} (Y_T - Y_n)$$

Dimana:

$R_T$  = HHM rencana dengan PUH T tahun (mm/24jam)

$R$  = Curah hujan harian maksimum rata – rata (mm/24jam)

$\sigma_R$  = Standar deviasi n tahun (diperoleh dari perhitungan)

$\sigma_n$  = *Expected Standard Deviation*

$Y_T$  = *Reduced Variate* untuk PUH T tahun

$Y_n$  = *Expected Mean Reduced Variate*

#### 2. Metode Log-Pearson Tipe III

Ada tiga parameter penting dalam *Log-Pearson III*, yaitu harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Yang menarik, jika koefisien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log-Normal (Suripin, 2004).

Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi *Log-Pearson III*:

Ubah data ke dalam bentuk logaritmis dari  $X_i$  menjadi  $\text{Log } X_i$ .

- Mencari nilai rata-rata

$$\text{Log} \bar{X} = \frac{\sum \text{Log } X}{n}$$

- Mencari nilai standart deviasi

$$\text{StdLog} \bar{X} = \frac{\sqrt{\sum (\text{Log} X_i - \text{Log} \bar{X})^2}}{n - 1}$$

- Mencari Koefisien Asimetri

$$Cs = \frac{n \sum (Xi - \bar{X})^2}{(n-1)(n-2)(\sigma x)^2}$$

- Untuk nilai *Skewness Coefficient* (Cs) yang diperoleh dari periode ulang (T), nilai Kx dapat diketahui dari tabel faktor frekuensi Kx.
- Mencari curah hujan harian maksimum untuk periode ulang (T)

$$X_T = \bar{X} + K_X \cdot \sigma_X$$

- Mencari curah hujan harian maksimum untuk periode ulang (T)

$$RT = \text{antilog } X_T \text{ atau } R_T = 10^{X_r}$$

**Tabel 2.3 Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson III**

Interval kejadian (Reccurence interval), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef. G	Persentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,757	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990

-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber: Suripin, 2004

#### 2.7.4 Uji Kecocokan

Penentuan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi frekuensi teoritis yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi empiris, diperlukan pengujian secara statistik. Dalam menentukan kesesuaian distribusi frekuensi pada perhitungan statistic hidrologi sering diterapkan dua cara pengujian yaitu:

- **Uji Chi-Kuadrat**

Uji distribusi data curah hujan yang dianggap paling mudah perhitungannya untuk menguji peluang curah hujan adalah metode chi-kuadrat tes. Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan peluang dapat mewakili dari distribusi sampel data analisis (Suripin, 2004).

$$X^2_{\chi} = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

dimana

$X^2_{\chi}$  = Parameter Chi-Kuadrat terhitung

G = Jumlah sub-kelompok

O<sub>i</sub> = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E<sub>i</sub> = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

- **Uji Smirnov-Kolmogorov**

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995). Metode ini menggunakan selisih perhitungan peluang empiris (P<sub>Xm</sub>) dengan peluang teoritis (P'<sub>Xm</sub>).

$$D = \text{maksimum } [P(X_m) - P'(X_m)]$$

Nilai  $D_o$  diperoleh dari Tabel 2.4. Apabila  $D$  lebih kecil dari  $D_o$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila  $D$  lebih besar dari  $D_o$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

**Tabel 2.4 Nilai Kritis  $D_o$  untuk Uji Smirnov-Kolmogorov**

N	Derajat kepercayaan, $\alpha$			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$(1,07/N^{0,5})$	$(1,22/N^{0,5})$	$(1,36/N^{0,5})$	$(1,63/N^{0,5})$

Sumber: Soewarno, 1995

### 2.7.5 Perhitungan Intensitas Hujan

Menghitung distribusi intensitas hujan menggunakan Metode *Van Breen*, *Hasper Weduwen*, dan *Bell* dimana metode yang menghasilkan nilai terbesar merupakan metode terpilih dengan pertimbangan dapat menghasilkan debit banjir perencanaan maksimum yang merupakan salah satu faktor keamanan dalam perencanaan dimensi saluran drainase kota.

#### 1. Metode *Van Breen*

Rumus ini dipergunakan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan berdasarkan pada curah hujan 1 jam (60 menit) dengan hujan efektif 90% dan periode ulang 10 tahun (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

$$I = \frac{90\% \times R_{1\text{jam}}}{4}$$



dimana

$I$  = intensitas hujan (mm/jam)

$R^{24}$  = curah hujan harian (mm/24jam)

## 2. Metode *Hasper Weduwen*

Penurunan rumusnya didapat berdasar kecenderungan distribusi hujan harian beberapa kota di Indonesia (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

a. Menghitung nilai  $R$  pada tiap durasi waktu:

(i) Untuk durasi hujan  $0 < t < 1$  jam

$$R_i = X_t \frac{1218.t + 154}{Xt(1-t) + 1272.t}$$

$$R = \sqrt{\frac{1130.t}{t + 3,12} \left[ \frac{R_i}{100} \right]}$$

(ii) Untuk durasi hujan  $1 < t < 24$  jam

$$R_i = R = \sqrt{\frac{1130.t}{t + 3,12} \left[ \frac{Xt}{100} \right]}$$

b. Menghitung distribusi intensitas hujan dengan metode *Hasper Weduwen*

$$I = \frac{R}{t}$$

dimana

$I$  = intensitas hujan (mm/jam)

$R$  dan  $R_i$  = curah hujan menurut Hasper Der Weduwen (mm)

$Xt$  = hujan harian maksimum

$T$  = durasi hujan (jam)

## 3. Metode *Bell*

Rumus ini dipergunakan untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan berdasarkan pada curah hujan 1 jam (60 menit) dengan periode ulang 10 tahun (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

$$I_T^i = \frac{60}{t} R_T^i$$

dimana

$R$  = curah hujan harian maksimum (mm)

T = periode curah hujan (tahun)

t = durasi hujan (menit)

I = intensitas hujan (mm/jam)

## 2.7.6 Perhitungan Analisis Lengkung Intensitas Hujan

Persamaan intensitas hujan (I) terhadap variable waktu (t) untuk perhitungan debit rencana menggunakan bentuk persamaan yang sederhana, pada umumnya memakai bentuk persamaan Talbot, Sherman, dan Ishiguro.

### a. Rumus Talbot

$$I = \frac{a}{t+b}$$

$$a = \frac{(\sum I t)(\sum I^2 t) - (\sum I)^2}{N (\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I t) - N(\sum I^2 t)}{N (\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

dimana

I = intensitas hujan rencana (mm/jam)

T = durasi hujan (menit)

a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

n = banyaknya data

### b. Rumus Sherman

$$I = \frac{a}{t^n}$$

$$\text{Log } a = \frac{(\sum \log I)(\sum \log^2 t) - (\sum \log t \log I)(\sum \log t)}{N (\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2}; a = \text{anti log}(\log a)$$

$$n = \frac{(\sum \log I)(\sum \log t) - N(\sum \log t \log I)}{N (\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

### c. Rumus Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt[t]{t+b}}$$

$$a = \frac{(\sum I \sqrt[t]{t})(\sum I^2) - (\sum I^2 \sqrt[t]{t})(\sum I)}{N (\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I\sqrt{T}) - N(\sum I^2\sqrt{T})}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

### 2.7.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit air hujan (Q<sub>ah</sub>) ditambah debit air kotor (Q<sub>ak</sub>) (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

$$Q_{rencana} = Q_{ah} + Q_{ak}$$

### 2.7.8 Debit Air Hujan

Metode yang digunakan adalah metode rasional, karena dapat digunakan untuk perencanaan drainase daerah pengaliran yang relatif sempit. Untuk daerah pengaliran kurang dari 0,8 km<sup>2</sup>, digunakan rumus sebagai berikut (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

$$Q = \left(\frac{1}{3.6}\right) C \cdot I \cdot A$$

dimana

- Q = debit banjir maksimum (m<sup>3</sup>/det)
- C = koefisien pengaliran
- I = intensitas hujan rerata selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)

Sedangkan rumus untuk daerah pengaliran lebih dari 0,8 km<sup>2</sup> adalah sebagai berikut (Suhardjono, 1984).

$$Q = \left(\frac{1}{3.6}\right) C_s \cdot C \cdot I \cdot A ; \quad C_s = \frac{2tc}{2tc + ts}$$

dimana

- C<sub>s</sub> = koefisien penampungan
- t<sub>c</sub> = waktu konsentrasi (menit)
- t<sub>s</sub> = waktu aliran disaluran (menit)

### 2.7.9 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di permukaan akibat hujan (limpasan) pada suatu daerah dengan jumlah curah hujan yang turun di daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi oleh kemiringan daerah aliran, struktur geologi tanah, jenis permukaan tanah, dan klimatologi (Subarkah, 1980).

**Tabel 2.5 Koefisien Aliran (C)**

<b>Tipe Daerah Aliran</b>	<b>C</b>
<b>Rerumputan</b>	
Tanah pasir, datar 2%	0,05 - 0,11
Tanah pasir, sedang 2-7%	0,10 - 0,15
Tanah pasir, curam 7%	0,15 - 0,20
Tanah gemuk, datar 2%	0,13 - 0,17
Tanah gemuk, sedang 2-7%	0,18 - 0,22
Tanah gemuk, curam 7%	0,25 - 0,35
<b>Perdagangan</b>	
Daerah kota lama	0,75 - 0,95
Daerah pinggiran	0,50 - 0,70
<b>Perumahan</b>	
Daerah single family	0,30 - 0,50
Multi unit terpisah	0,40 - 0,60
Multi unit tertutup	0,60 - 0,75
Suburban	0,25 - 0,40
Daerah apartemen	0,50 - 0,70
<b>Industri</b>	
Daerah ringan	0,50 - 0,80
Daerah berat	0,60 - 0,90
Taman, Kuburan	0,10 - 0,25
Tempat bermain	0,20 - 0,35
Daerah tidak dikerjakan	0,10 - 0,30
<b>Jalan</b>	
Beraspal	0,70 - 0,95
Beton	0,80 - 0,95
Batu	0,70 - 0,85
Atap	0,75 - 0,95

Sumber: Triatmodjo, 2010

## 2.8 Analisis Hidrolika

### 2.8.1 Kapasitas Saluran

Evaluasi kapasitas saluran drainase yang ada digunakan untuk mengetahui saluran yang sudah tidak dapat lagi menampung debit banjir air hujan sehingga

menyebabkan adanya genangan. Kapasitas saluran dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Ven Te Chow, 1989):

$$Q = V \cdot A$$

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

dimana

$Q$  = debit limpasan air hujan ( $m^3/detik$ )

$V$  = kecepatan aliran ( $m/detik$ )

$A$  = luas penampang basah ( $m^2$ )

$n$  = koefisien kekasaran *manning*

$R$  = jari-jari hidrolis ( $m$ )

$S$  = beda elevasi muka air ( $m/m$ )

Koefisien kekasaran *Manning* dapat dilihat pada tabel 2.6 dengan memperhatikan faktor bahan pembentuk saluran.

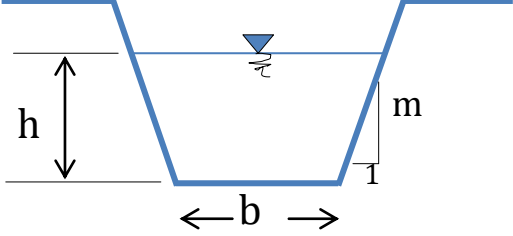
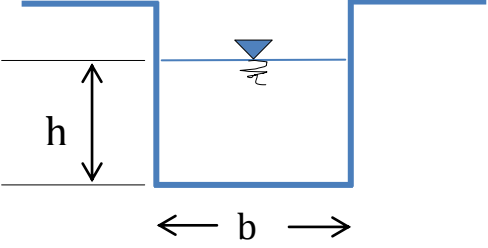
**Tabel 2.6 Nilai Koefisien kekasaran *Manning* (n)**

Tipe Saluran	N
<b>A. Saluran tertutup Terisi Sebagian</b>	
1. Gorong-gorong dari beton lurus dan bebas kikisan	0,010 - 0,013
2. Gorong-gorong dengan belokan dan sambungan	0,011 - 0,014
3. Saluran pembuang lurus dari beton	0,013 - 0,017
4. Pasangan bata dilapisi dengan semen	0,011 - 0,014
5. Pasangan batu kali disemen	0,015 - 0,017
<b>B. Saluran terbuka</b>	
1. Pasangan batu disemen	0,012 - 0,018
2. Beton dipoles	0,013 - 0,016
3. Pasangan batu kali disemen	0,014 - 0,035
4. Pasangan batu kosong	0,020 - 0,035

Sumber : Ven Te Chow, 1992

Dalam hal ini diperlukan data eksisting yang meliputi tipe penampang dan dimensi saluran. Berikut merupakan tipe penampang saluran dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.7 Tipe Penampang Saluran**

Gambar Penampang Saluran	Jenis Penampang Saluran
	<p>Penampang Saluran Trapesium</p> $A = (b + m.h) h$ $P = b + 2h \sqrt{1+m^2}$ $R = \frac{A}{P}$ $B = b + 2 m.h$
	<p>Penampang Saluran Segiempat</p> $A = b . h$ $P = b + 2h$ $R = \frac{A}{P}$

dimana :

$A$  = Luas penampang saluran ( $m^2$ )

$b$  = Lebar dasar saluran (m)

$B$  = Lebar puncak saluran (m)

$h$  = Tinggi saluran (m)

$R$  = Jari-jari hidrolis (m)

$P$  = Keliling basah saluran (m)

$m$  = Kemiringan Talud

### 2.8.2 Debit Genangan/Limpasan Yang Terjadi

Debit genangan atau limpasan yang dimaksud adalah selisih antara besarnya debit rancangan drainase yang terdiri dari debit yang berasal dari air hujan dan air limbah penduduk dengan kapasitas saluran drainase yang ada. Apabila debit saluran drainase lebih besar daripada debit rancangan drainase maka tidak terdapat genangan, sebaliknya apabila debit pada saluran drainase lebih kecil

daripada debit rancangan drainase maka terdapat genangan sebesar selisih debit rancangan drainase dengan debit saluran drainase.

### 2.8.3 Debit Air Kotor

Debit air kotor berasal dari buangan hasil aktivitas penduduk yang berasal dari rumah tangga, gedung, pabrik, fasilitas umum, dan sebagainya. Untuk memperkirakan jumlah air kotor yang akan dialirkan ke saluran drainase harus diketahui terlebih dahulu jumlah kebutuhan air rata-rata dan jumlah penduduk daerah perencanaan. Kebutuhan air bersih untuk daerah perencanaan adalah sebesar 150 liter/hari/orang. Air buangan rumah tangga diperhitungkan berdasarkan penyediaan air minumannya. Diperkirakan besarnya air buangan yang masuk ke saluran pengumpul air buangan sebesar 80% dari kebutuhan standar air minum (Suhardjono, 1984).

Untuk proyeksi pertumbuhan penduduk tiap tahun dirumuskan sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Sehingga besarnya air kotor adalah :

$$q = 80\% \times 150 \text{ liter/orang/hari}$$

$$= 120 \text{ liter/orang/hari}$$

$$Q = (P_n \cdot q) / A$$

dimana

$$Q = \text{Debit air kotor/ha (m}^3\text{/det/ha)}$$

$$P_n = \text{Jumlah penduduk}$$

$$q = \text{Jumlah kebutuhan air kotor (m}^3\text{/det/orang)}$$

$$A = \text{Luas permukiman (ha)}$$

### 2.9 Aspek Lingkungan

Permasalahan yang sering terjadi di lingkungan saat ini adalah terjadinya genangan atau banjir pada musim hujan dan menurutnya kuantitas sumber mata air pada musim kemarau, selain itu di beberapa tempat terjadi pula penurunan kemampuan tanah untuk meresapkan air sebagai akibat adanya perubahan lingkungan yang merupakan dampak dari proses pembangunan.

Aspek lingkungan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah perlu adanya perubahan konsep sistem drainase konvensional dengan mengupayakan penanganan genangan berwawasan lingkungan pada sistem saluran, sehingga diharapkan analisis tersebut dapat dijadikan alternatif dalam penanganan di Kecamatan Panakkukang Kota Makassar.

### **2.9.1 Sumur Resapan**

Metode sumur resapan dapat meningkatkan pemanfaatan air tanah pada saat ini sebagai akibat dari pesatnya perkembangan penduduk. Sumur resapan kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan merupakan lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum berfungsi untuk menaikkan air tanah ke permukaan.

Sumur resapan terdiri dari 2 jenis, yaitu sumur resapan dangkal dan sumur resapan dalam. Sumur resapan dangkal cocok untuk daerah dengan muka air tanah bebas rendah (jauh di bawah muka tanah), sedangkan sumur resapan dalam cocok untuk daerah dengan piezometrik akuifer tertekan rendah yang maka air tanah bebasnya sangat dekat atau bahkan berada pada permukaan tanah akibat genangan.

Sumur resapan merupakan sumur gali yang berbentuk lingkaran atau segi empat dengan kedalaman tertentu sumur resapan berfungsi untuk menampung dan meresapkan air hujan yang diatas permukaan tanah baik melalui atap bangunan, jalan dan halaman.

Sebagai suatu konstruksi yang berfungsi sebagai peresap air ke dalam tanah, sumur resapan memiliki syarat-syarat yang menjadi pertimbangan dalam perencanaannya. Syarat-syarat yang harus dipenuhi antara lain:

- Mempunyai kedalaman (H) yang cukup, hal ini erat kaitannya dengan keperluan debit resapan.
- Mempunyai bidang luas resap (A) yang cukup, baik pada dinding sumur maupun pada dasar sumur.
- Mempunyai volume tampung (V) yang cukup bagi air yang akan diresapkan, sehingga tidak sampai terjadi pelubangan air.



### 2.9.2 Perencanaan Pembuatan Sumur Resapan

Untuk menentukan dimensi sumur resapan agar mampu menampung air hujan sebelum diserapkan ke dalam tanah harus diperhitungkan terhadap beberapa hal, antara lain:

1. Lama hujan dominan

Data lama hujan diperhitungkan sangat mempengaruhi kapasitas sumur resapan.

2. Intensitas hujan

Setelah diketahui lama hujan, maka intensitas hujan dapat dihitung. Semakin tinggi intensitas hujan, semakin besar dimensi sumur resapan yang dibutuhkan.

3. Selang waktu hujan

Agar dimensi sumur resapan mampu untuk menampung air hujan yang terjadi berurutan, maka selang waktu hujan harus diperhitungkan.

4. Kondisi air tanah

Pada kondisi permukaan air tanah yang dalam, sumur resapan perlu dibuat secara besar-besaran karena tanah benar-benar memerlukan suplai air melalui sumur resapan. Apabila air tanahnya dangkal maka kurang efektif.

5. Koefisien permeabilitas tanah

Angka koefisien permeabilitas tanah merupakan penentu besarnya volume pada sumur resapan yang akan dibuat serta mempengaruhi kecepatan peresapan. Dan apabila permeabilitas tanah kurang, maka dapat menyebabkan penuhnya sumur dan air yang masuk akan lebih banyak keluar.

**Tabel 2.8 Koefisien Pemeabilitas Tanah**

Jenis Tanah	k (cm/dt)
Lempung	$3 \times 10^{-6}$
Lanau	$4,5 \times 10^{-4}$
Pasir sangat halus	$3,5 \times 10^{-3}$
Pasir halus	$1,5 \times 10^{-2}$
Pasir sedang	$8,5 \times 10^{-2}$
Pasir kasar	$3,5 \times 10^{-1}$
Kerikil kecil	3

Sumber: Sosrodarsono, 1983.

#### 6. Tata guna lahan (*land use*)

Tata guna lahan akan berpengaruh terhadap persentase air yang meresap ke dalam tanah dengan aliran permukaan.

#### 7. Kondisi sosial ekonomi masyarakat

Pada kondisi perekonomian yang baik, biaya untuk sumur resapan dapat dibebankan pada masyarakat dan konstruksinya dapat dibuat dari bahan yang benar-benar kuat. Sebaliknya pada kondisi sosial ekonomi masyarakat rendah, sumur resapan harus dibuat dari bahan-bahan yang murah dan mudah didapat serta konstruksinya sederhana.

#### 8. Ketersediaan bahan

Perencanaan sumur resapan harus mempertimbangkan ketersediaan bahan-bahan yang ada di lokasi.

### 2.9.3 Dimensi Sumur Resapan

Untuk menghitung dimensi sumur resapan dapat digunakan rumus sebagai berikut (Sunjoto, 1991):

$$H = \frac{Q}{F \cdot K} \left( 1 - e^{-\frac{F \cdot K \cdot T}{\pi \cdot R^2}} \right)$$

dimana

- H = Tinggi muka air dalam sumur (m)
- Q = Debit air masuk (m<sup>3</sup>/detik)
- T = Waktu pengaliran (detik)
- F = Faktor geometrik (m)
- K = Koefisien permeabilitas tanah (m/detik)
- R = Jari-jari sumur resapan (m)

### 2.9.4 Volume Sumur Resapan

Volume sumur resapan dapat dihitung menggunakan rumus volume tabung sebagai berikut:

$$V = \pi \times R^2 \times H$$




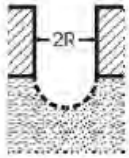
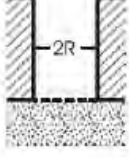
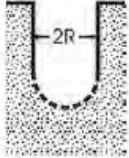

dimana

$$V = \text{Volume sumur resapan (m}^3\text{)}$$

R = Jari-jari sumur resapan (m)

H = Tinggi muka air dalam sumur (m)

**Tabel 2.9 Faktor Geometrik Sumur Resapan**

No	Condition	Shape Factor of Well (F)	Value of F when R=1; H=0 L=0, except for F <sub>1</sub> , L=1	References
1		$\frac{2\pi L}{\ln\left\{\frac{2(L+2R)}{R} + \sqrt{\left(\frac{2L}{R}\right)^2 + 1}\right\}}$	2.980	Sunjoto (1989)
2a		$4\pi R$	12.566	Samsioe (1931) Dachler (1936) Aravin (1965)
2b		$16R$	18.000	Sunjoto (2002)
3a		$2\pi R$	6.283	Samsioe (1931) Dachler (1936) Aravin (1965)
3b		$4R$	4.000	Forchheimer (1930) Dachler (1936) Aravin (1965)
4a		$\pi^2 R$	9.870	Sunjoto (2002)
4b		$5.5R$	5.500	Harza (1935) Taylor (1948) Hvorslev (1951)
		$2\pi R$	6.283	Sunjoto (2002)

Sumber: Sunjoto, 2011

**Tabel 2.10 Deskripsi Tentang Sumur Resapan**

Kondisi	Deskripsi
1	Resapan pada tanah porus terletak diantara tanah bersifat kedap air di bagian dasar dan bagian atas dengan dinding porus setinggi L.
2.a	Resapan berbentuk bola berdinding porous dengan saluran vertikal kedap air dan seluruhnya berada di tanah yang bersifat porous.
2.b	Resapan kubus berdinding porous dengan saluran vertikal kedap air dan seluruhnya berada di tanah yang bersifat porous.
3.a	Resapan terletak pada tanah bersifat kedap air di bagian atas dan tanah porous dibagian bawah dengan dasar berbentuk setengah bola.
3.b	Resapan terletak pada tanah bersifat kedap air di bagian atas dan tanah porous dibagian bawah dengan dasar rata.
4.a	Resapan terletak pada tanah yang seluruhnya porous dengan dinding resapan kedap air dan dasar berbentuk setengah bola.
4.b	Resapan terletak pada tanah yang seluruhnya porous dengan dinding resapan kedap air dan dasar rata.

Sumber: Sunjoto, 2011

## **2.10 Aspek Ekonomi**

### **2.10.1 Tujuan Analisis Ekonomi**

Pembangunan yang dibiayai oleh pemerintah pusat maupun daerah selalu membutuhkan analisis ekonomi. Tujuannya untuk menentukan kelayakan suatu kegiatan pembangunan agar dapat memberikan manfaat ekonomi yang cukup, keuntungan dan kerugian terhadap masyarakat sekitar (Ariesta D, 2013).

### **2.10.2 Kriteria Kelayakan Ekonomi**

Suatu proyek dapat dikatakan layak secara ekonomis jika biaya investasi (*cost*) yang diperlukan relatif lebih kecil daripada manfaat (*benefit*) yang diperoleh. Manfaat ekonomi tidak dirasakan secara langsung oleh masyarakat dalam bentuk uang, tetapi dirasakan antara lain dengan drainase yang baik maka kesehatan terjaga, kegiatan masyarakat tidak tersendat akibat arus lalu lintas yang macet karena banjir.

Parameter yang digunakan untuk menilai kelayakan suatu proyek adalah (Kemen PU, 2011):

#### *1. Benefit Cost Ratio (BCR)*

Analisis manfaat biaya merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui besaran keuntungan/kerugian serta kelayakan suatu proyek.

Proyek dikatakan ekonomis dan layak apabila  $BCR > 1$ , jika  $BCR < 1$  maka proyek dikatakan tidak ekonomis, jika  $BCR = 1$  maka proyek tersebut tidak untung juga tidak rugi (marginal).

## 2. *Net Present Value* (NPV)

NPV didefinisikan sebagai nilai dari proyek yang bersangkutan yang diperoleh berdasarkan selisih antara *cash flow* yang dihasilkan terhadap investasi yang dikeluarkan.

Data NPV : - Perkiraan biaya investasi

- Biaya Operasi dan Pemeliharaan

- Manfaat (*benefit*) dari proyek yang direncanakan

$$NPV = \frac{B_1}{(1+r)} + \frac{B_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n}{(1+r)^n}$$

Dimana:  $B_1$  = *Cash flow* tahun 1 dikurangi investasi tahun ke-1 ( $b_1 - c_1$ )

$B_2$  = *Cash flow* tahun 2 dikurangi investasi tahun ke-2 ( $b_2 - c_2$ )

$B_n$  = *Cash flow* tahun n dikurangi investasi tahun ke-n ( $b_n - c_n$ )

$r$  = Tingkat suku bunga (*discount rate*)

Nilai manfaat (*benefit*) diperoleh dari besarnya kerugian akibat banjir yang diderita masyarakat yang dapat dihilangkan dengan adanya pembangunan drainase. Menurut Anonim dalam Pedoman Pengendalian Banjir volume II Departemen Pekerjaan Umum (1996), besarnya kerugian banjir secara umum dapat diperkirakan sebagai berikut:

### 1. Kerusakan fisik langsung

#### a. Permukiman:

Rp. 1 juta x tinggi genangan x jumlah rumah terendam

#### b. Prasarana:

Rp. 36 ribu x tinggi genangan x panjang prasarana

### 2. Kerusakan tidak langsung atas komersial:

$0,15 \times \text{kerusakan permukiman} + 0,1 \times \text{kerusakan prasarana}$

### 3. Kerusakan tidak nyata non pasar

$0,05 \times \text{jumlah penduduk terkena genangan} \times \text{pendapatan perkapita}$

#### 4. Perluasan dan pengembangan tanah di masa yang akan datang

$$0,01 \times 1,5 \text{ jumlah penduduk terkena genangan} \times \text{pendapatan perkapita}$$

### 2.11 Penelitian Terdahulu

Pembangunan saluran drainase berwawasan lingkungan merupakan koreksi terhadap pengelolaan limpasan hujan yang boros tanpa kendali sehingga kurang mengindahkan tujuan konservasi air. Melalui pembangunan saluran drainase berwawasan lingkungan limpasan air daerah hulu dihambat sementara untuk memberikan kesempatan sebesar mungkin air meresap ke dalam tanah (Nurhapni, Burhanuddin H., 2015). Selama ini penanaman pohon merupakan salah satu kegiatan untuk mengurangi banjir. Tetapi untuk permukiman yang terus berkembang seperti Kabupaten Bogor, menjadikan lahan untuk penanaman pohon tidak mencukupi dalam pengendalian banjir. Salah satu solusi yang memungkinkan untuk mengurangi pasokan air banjir ini adalah dengan pembuatan sumur resapan di daerah permukiman padat (Subagyono & Pawitan, 2008; Joga, 2009; Fakhrudin, 2010; dan Pramono, 2013).

Faktor pengujian yang mempengaruhi penentuan sifat transmisi air tanah dengan menggunakan tanah berpasir-lempung adalah sampel tanah terbaik. Infiltrasi relatif berjalan singkat dengan durasi rata-rata  $\leq 1,5$  jam. Mengukur sifat-sifat hidrolik tanah yang diperlukan untuk menafsirkan proses hidrologi yang penting untuk lingkungan dan ekonomi (Alagna V. Bagarello V, dkk. 2016). Terutama untuk sifat transmisi air tanah yang sangat bergantung pada struktur tanah, teknik pengukuran di lapangan harus digunakan untuk meminimalkan gangguan volume pada sampel tanah dan memelihara hubungan fungsional dengan tanah sekitarnya (Bouma, 1982).

Permukaan tanah seperti jalan, tempat parkir dan atap menyebabkan peningkatan volume limpasan yang akan meningkatkan massa polutan yang mencapai badan air penerima (Field, 1975; Booth dan Jackson, 1997; Kayhanian et al, 2007, 2012). Drainase dirancang untuk mengurangi volume limpasan dan untuk mengurangi limpasan untuk meningkatkan kualitas air sebelum mencapai sumber air permukaan (National Research Council , 2008). Banyaknya model

drainase konvensional seperti tangkapan cekungan, lahan basah, dan kolam retensi yang berfungsi dalam menangkap padatan tersuspensi (Howard et al., 2011, 2012) namun tidak dirancang untuk menghilangkan polutan terlarut (Erickson et al., 2007).

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



### **BAB III**

#### **GAMBARAN UMUM WILAYAH**

### **3.1 Gambaran Umum Kota Makassar**

#### **3.1.1 Geografis**

Makassar terletak di pesisir barat provinsi Sulawesi Selatan pada koordinat 119°24'17.38" Bujur Timur dan 5°8'6.19" Lintang Selatan, dengan batas wilayah adalah:

- Sebelah utara : Kabupaten Pangkep
- Sebelah timur : Kabupaten Maros
- Sebelah selatan : Kabupaten Gowa
- Sebelah barat : Selat Makassar

Luas wilayah kota Makassar seluruhnya 175.77 km<sup>2</sup> daratan dan termasuk 11 (sebelas) pulau di selat Makassar ditambah luas perairan 100 km<sup>2</sup>. Jumlah kecamatan di Kota Makassar sebanyak 14 kecamatan dan memiliki 143 kelurahan. Luas masing-masing kecamatan ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut

**Tabel 3.1 Luas Wilayah Kecamatan di Kota Makassar**

<b>No</b>	<b>Kecamatan</b>	<b>Luas (km<sup>2</sup>)</b>
1	Mariso	1,82
2	Mamajang	2,25
3	Tamalate	20,21
4	Rappocini	9,23
5	Makassar	2,52
6	Ujung Pandang	2,63
7	Wajo	1,99
8	Bontoala	2,10
9	Ujung Tanah	5,94
10	Tallo	5,83
<b>11</b>	<b>Panakkukang</b>	<b>17,05</b>
12	Manggala	24,14
13	Biringkanaya	48,22
14	Tamalanrea	31,84
	<b>Kota Makassar</b>	<b>175,77</b>

Sumber : Makassar Dalam Angka, 2014

### **3.1.2 Topografi**

Wilayah Kota Makassar mempunyai garis pantai sepanjang 20 km memanjang dari selatan ke utara, memiliki topografi yang relatif datar. Kota Makassar memiliki topografi dengan kemiringan lahan 0-2: (datar) dan kemiringan lahan 3-15: (bergelombang), dengan hamparan daratan rendah yang berada pada ketinggian antara 0 - 25 m dari permukaan laut. Dari kondisi ini menyebabkan Kota Makassar sering mengalami genangan air pada musim hujan, terutama saat hujan turun bersamaan dengan naiknya air pasang.

Secara umum topografi Kota Makassar dikelompokkan menjadi 2 (dua) bagian yaitu:

- Bagian Barat ke arah utara relatif rendah dekat dengan pesisir pantai.
- Bagian timur dengan keadaan topografi berbukit seperti di kelurahan Antang Kecamatan Manggala.

### **3.1.3 Klimatologi**

Kota Makassar termasuk daerah yang beriklim tropis, karena letaknya yang menghampiri garis khatulistiwa. Data tahun 2007-2013, curah hujan tertinggi dicapai pada bulan Januari sebanyak 750 mm/bulan (BPBD Kota Makassar, 2014).

### **3.1.4 Kependudukan**

Penduduk kota Makassar tahun 2015 berjumlah sekitar 1,7 juta jiwa yang tersebar di 14 kecamatan. Laju pertumbuhan penduduk di Makassar tahun 2001 sampai tahun 2011 rata-rata 1,56% per tahun (BPS, 2012). Dengan mengasumsi laju pertumbuhan penduduk, diperkirakan jumlah penduduk kota Makassar pada tahun 2025 mencapai 1.975.654 jiwa atau terjadi peningkatan sebesar 31,69% dibandingkan jumlah penduduk pada tahun 2011.

### **3.1.5 Peruntukan Lahan DAS (Daerah Aliran Sungai)**

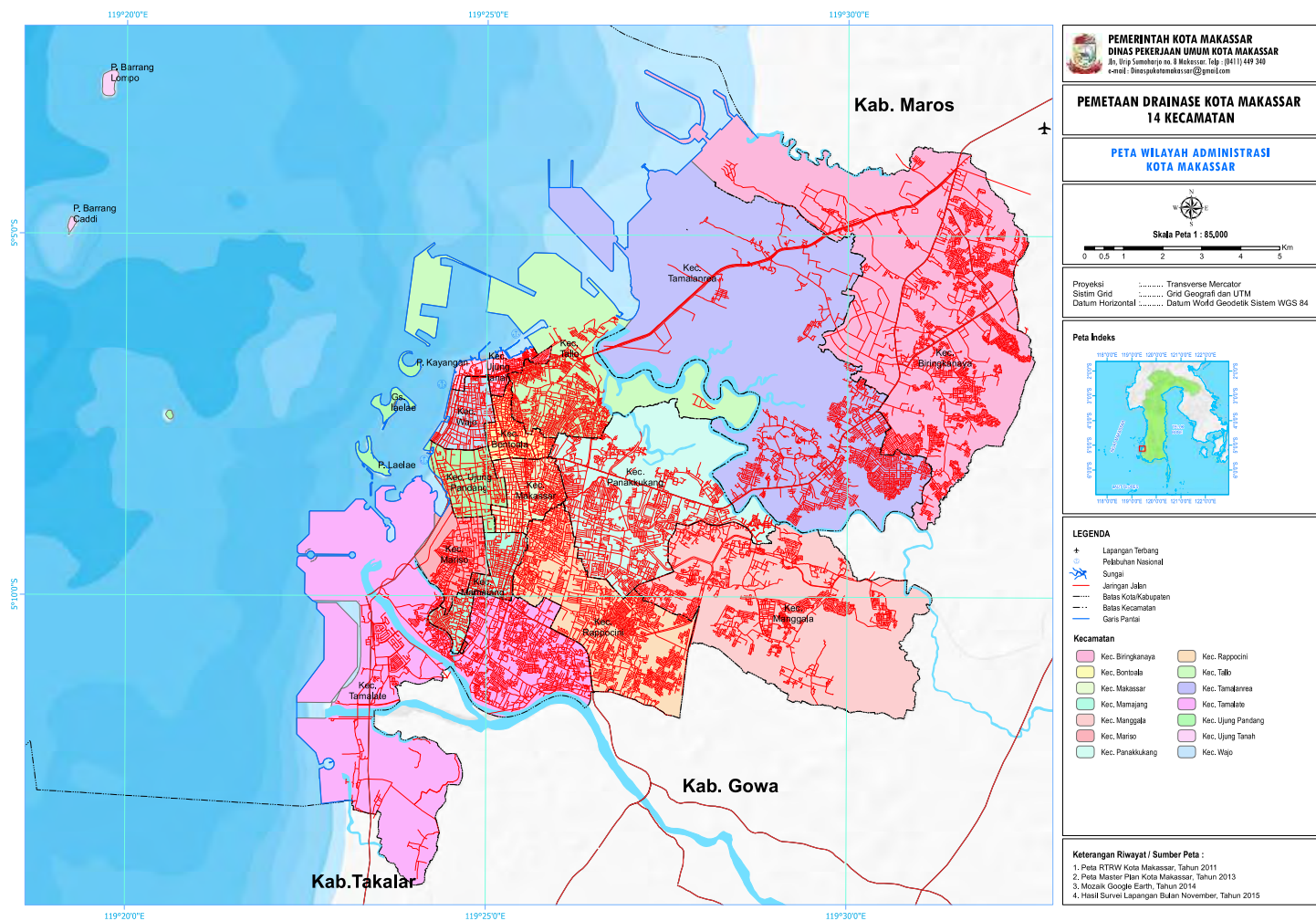
Wilayah Kota Makassar dilalui oleh 3 (tiga) muara sungai yang cukup besar sehingga membentuk sistem DAS diantaranya DAS Jeneberang, Tallo, dan Pampang. Ketiga sistem itu merupakan penampungan aliran air permukaan yang

berasal dari sebagian wilayah Kabupaten Gowa dan Maros. Ke tiga sungai ini mempunyai kemiringan dasar sungai yang relatif sangat landai ( $\pm 1/10.000$ ) dan pasang surut air laut yang dapat menjalar hingga jarak 20 km, dengan kecepatan aliran yang lambat dengan laju sedimentasi yang cukup tinggi.

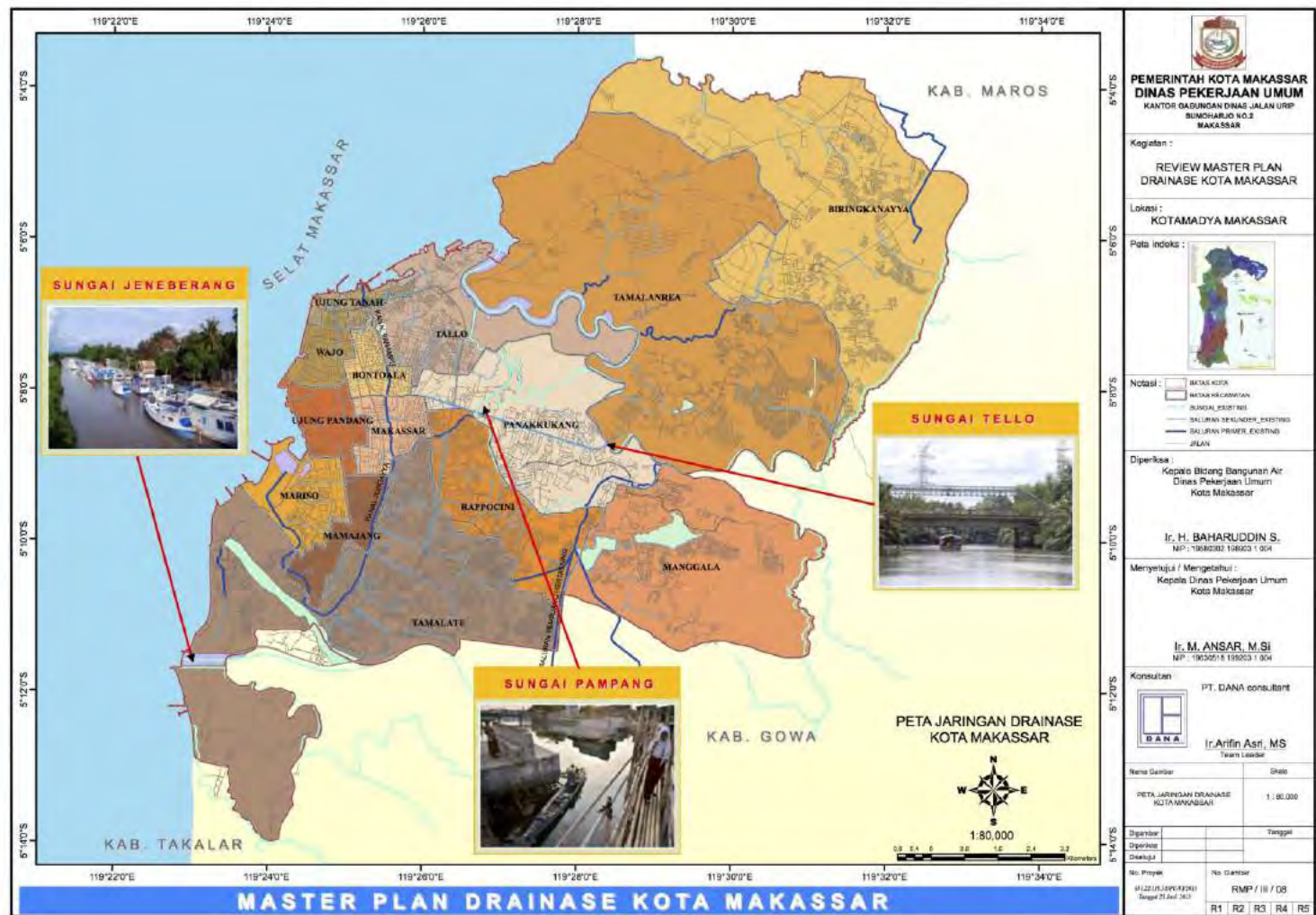
Sungai Jeneberang mengalir melintasi wilayah Kabupaten Gowa dan bermuara ke bagian selatan Kota Makassar merupakan sungai dengan kapasitas sedang (debit air 1-2 m/detik). Sedangkan sungai tallo dan pampang yang bermuara di bagian utara Kota Makassar merupakan sungai dengan kapasitas rendah berdebit kira-kira hanya mencapai 0-5 m/detik di musim kemarau.

Pengaruh pasang surut air laut juga sangat besar terhadap sistem pembuangan utama kota diantaranya Sungai Tallo, Sungai pampang, Kanal Sinrijala, Kanal Jongaya serta Kanal Panampu. Apabila curah hujan turun bersamaan dengan terjadinya pasang naik air laut, maka sistem aliran air yang melalui drainase kota akan terhambat sehingga menimbulkan banjir dan genangan pada wilayah tertentu yang ketinggiannya di bawah permukaan laut (dibawah elevasi 0).

Kota Makassar memiliki 3 (tiga) pintu air yang mengatur sistem penyaluran drainase untuk pembuangan yaitu pintu air kanal Panampu, pintu air kanal Sinrijala, dan pintu air kanal Jongayya. Panjang aliran masing-masing pintu air kanal 40 km dan dilengkapi dengan pompa. Fungsi pintu air kanal tersebut untuk mengendalikan air apabila terjadi banjir. Apabila debit air melebihi batas maksimum maka pintu air akan dibuka.

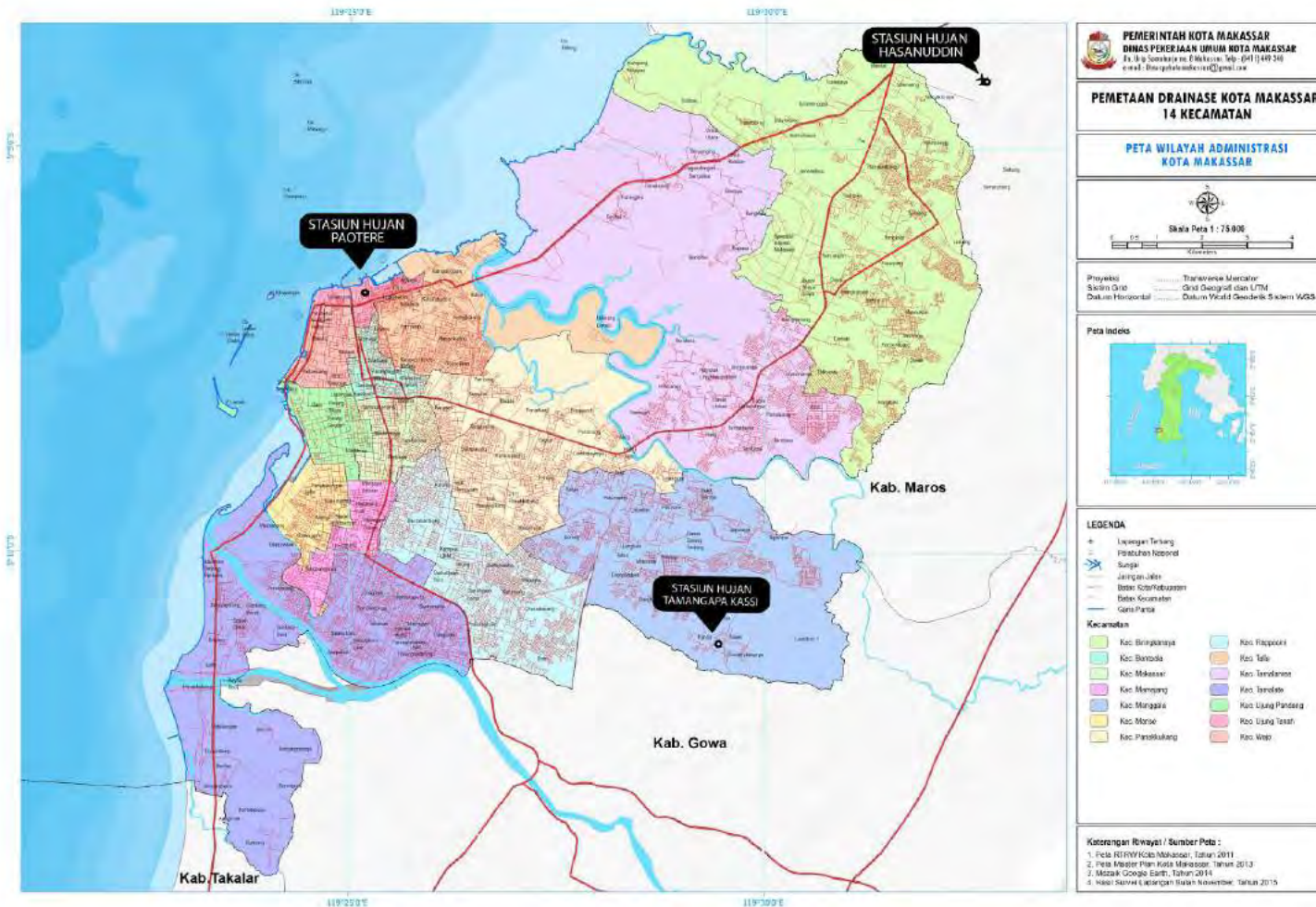


**Gambar 3.1** Peta Wilayah Administrasi Kota Makassar



Gambar 3.2 Peta Sungai di Kota Makassar





**Gambar 3.3** Peta Pembagian Stasiun Hujan di Kota Makassar



### 3.2 Gambaran Umum Kecamatan Panakkukang

Kecamatan Panakkukang merupakan kecamatan yang dipilih menjadi daerah penelitian bahwa daerah ini merupakan daerah tergenang pada saat musim hujan.

#### 3.2.1 Letak Geografis

Kecamatan Panakukang merupakan salah satu dari 14 kecamatan di kota Makassar yang berbatasan

- Sebelah utara : Kecamatan Tallo
- Sebelah timur : Kecamatan Tamalanrea
- Sebelah selatan : Kecamatan Rappocini
- Sebelah barat : Kecamatan Makassar

Kecamatan Panakukang merupakan daeran bukan pantai dengan Topografi ketinggian wilayah sampai dengan 500 meter dari permukaan laut.

#### 3.2.2 Kondisi Geografis

Kecamatan Panakkukang terdiri dari 11 kelurahan dengan luas wilayah 17,05 km<sup>2</sup>. Dari luas wilayah tersebut pada Tabel 3.2, tampak bahwa Kelurahan Pampang memiliki wilayah terluas yaitu 2,63 km<sup>2</sup>, terluas kedua adalah Kelurahan Panaikang dengan luas wilayah 2,35 km<sup>2</sup>, sedangkan yang paling kecil luas wilayahnya adalah Kelurahan Sinrijala yaitu 0,17 km<sup>2</sup>. Kecamatan Panakkukang terdiri atas 474 RT dan 90 RW (BPS Kota Makassar,2014)

**Tabel 3.2 Luas Kelurahan dan Jumlah Penduduk di Kecamatan Panakkukang**

No	Kelurahan	Luas (km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk (jiwa)
1	Paropo	1,94	16.065
2	Karampuang	1,46	10.556
3	Pandang	1,16	10.793
4	Masale	1,32	11.015
5	Tamamaung	1,27	26.824
6	Karuwisi	0,85	10.775
7	Sinrijala	0,17	4.406
8	Karuwisi Utara	1,72	8.159



9	Pampang	2,63	16.809
10	Panaikang	2,35	15.836
11	Tello Baru	2,18	11.070
	<b>Kecamatan</b>	<b>17,05</b>	<b>142.308</b>

Sumber : Kecamatan Panakkukang Dalam Angka 2013

Dalam kurun waktu tahun 2013-2014 jumlah penduduk Kecamatan Panakkukang mengalami perlambatan sekitar 0,29%, dimana penduduk pada tahun 2013 berjumlah 142.577 jiwa, sedangkan penduduk tahun 2014 berjumlah 145.132 jiwa.

### 3.2.3 Kondisi Geologi

Jenis tanah yang ada di wilayah Kecamatan Panakkukang merupakan jenis tanah inceptisol, yang tergolong sebagai tanah muda dengan tingkat perkembangan lemah yang dicirikan oleh horison penciri kambik. Tanah ini terbentuk dari berbagai macam bahan induk, yaitu aluvium, batu pasir, batu liat, dan batu gamping. Apabila berada pada kondisi tergenang terjadi untuk selang waktu yang lama sekitar 4-6 jam pada kedalaman 40-50 cm (Dinas PU Kota Makassar, 2015).

### 3.2.4 Kondisi Eksisting

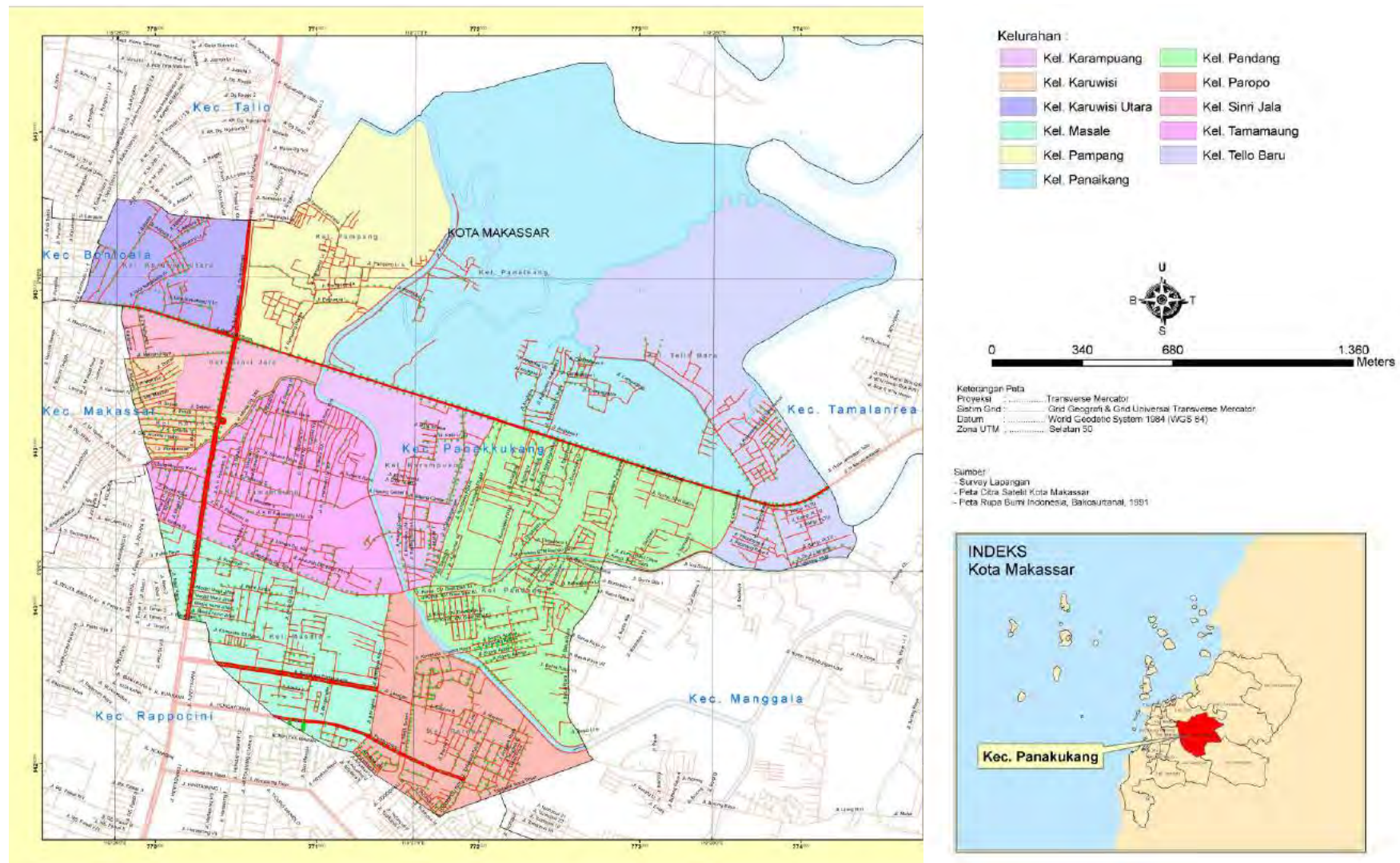
Kecamatan Panakkukang merupakan salah satu pusat kota karena daerahnya yang berkembang pesat. Berkembangnya kawasan tersebut ditandai dengan pesatnya pembangunan permukiman, perdagangan, pembangunan perkantoran hingga lainnya di bangun fasilitas umum sehingga mengakibatkan limpasan air hujan tidak bisa masuk ke dalam tanah melainkan akan langsung ke saluran drainase yang ada.

Lokasi genangan yang pernah terjadi di kecamatan panakkukang (Dinas PU Kota Makassar, 2015):

- Swadaya, Kelurahan Masale mengalami genangan kritis dengan luas 74,44 ha dengan lama genangan lebih dari 6 jam.
- Kantor gubernur, Kelurahan Panaikang mengalami genangan sedang dengan luas 17,78 ha.

- Jl. Abd. Dg. Sirua mengalami genangan sedang dengan luas 40,50 ha.
- BTN Cv. Dewi, Kelurahan Pandang mengalami genangan sedang dengan luas 15,24 ha.

Adapun beberapa titik lokasi di Kecamatan Panakkukang yang tidak pernah mengalami genangan atau termasuk kedalam zona bebas genangan. Kecamatan Panakkukang memiliki tinggi muka air tanah 7 m dari permukaan tanah dengan jenis akuifer selingan pasir halus dan lempung.



**Gambar 3.4** Peta Wilayah Kecamatan Panakkukang



## **BAB IV METODE PENELITIAN**

### **4.1 Umum**

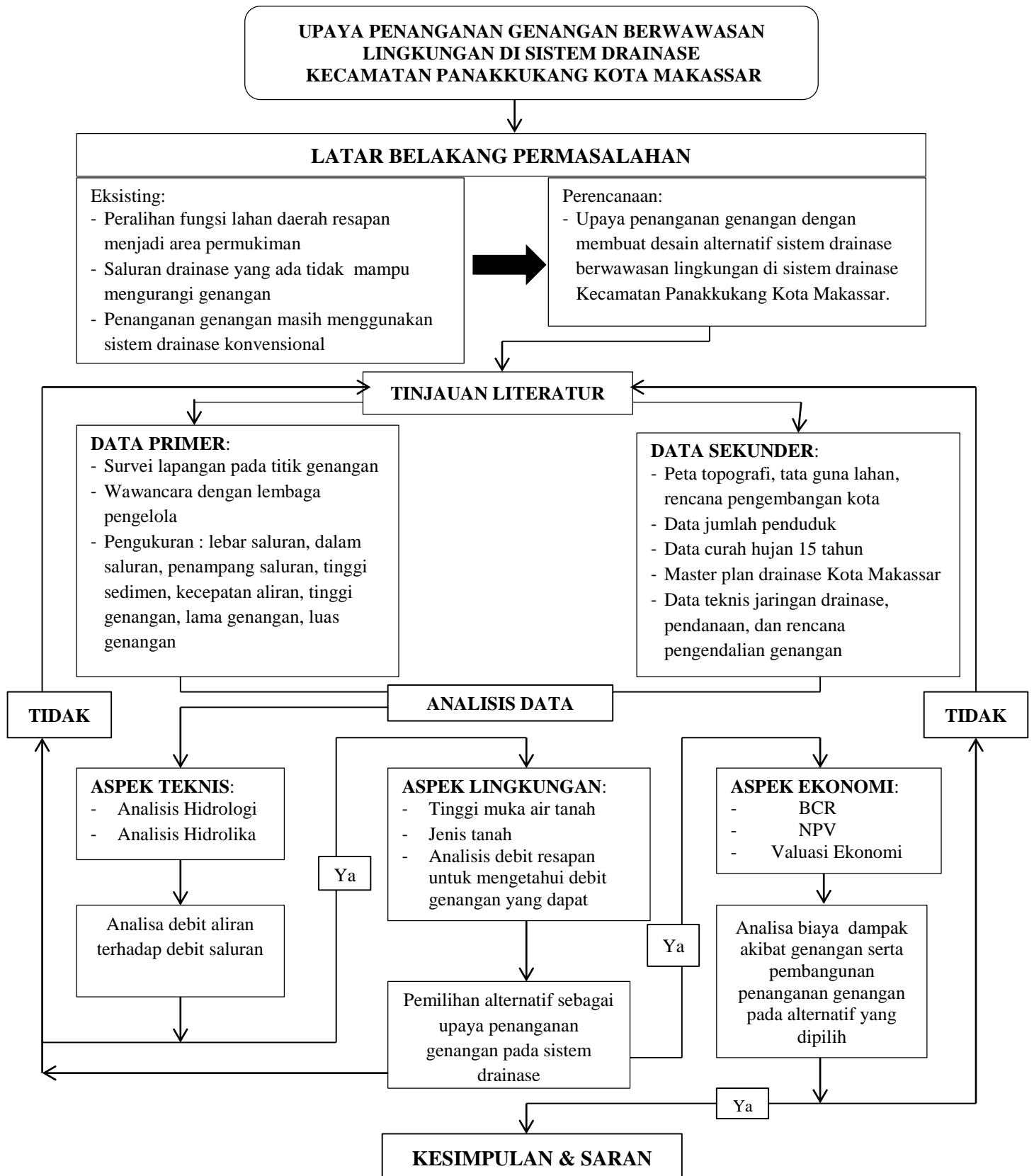
Dalam penyusunan tesis ini daerah studi dilaksanakan di Kecamatan Panakkukang Kota Makassar. Pendekatan yang dipakai adalah pendekatan survei dan penjelasannya merupakan pendekatan deskriptif. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penerapan sistem drainase yang berwawasan lingkungan dalam penanganan genangan.

Kegiatan yang dilakukan dalam penyusunan tesis ini adalah dengan melakukan survey data, pengamatan lokasi, menganalisis dan menginterpretasikan data yang diperoleh untuk mendapatkan solusi dan pemecahan dari permasalahan yang ditemukan di lapangan.

Data-data yang digunakan berasal dari informasi masyarakat sedangkan data yang bersifat kuantitatif berupa angka-angka atau hitungan yang diolah berdasarkan informasi masyarakat, lembaga terkait, badan pengelola serta fakta lapangan yang diperoleh selama proses penelitian.

### **4.2 Alur Pelaksanaan**

Adapun alur pelaksanaan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



**Gambar 4.1** Diagram Alir Penelitian

#### **4.3 Metoda Pelaksanaan**

Mengidentifikasi masalah yang terjadi di permukiman Kecamatan Panakkukang Kota Makassar dilakukan untuk menemukan masalah yang kemudian digunakan untuk mencari solusi dan tindakan perbaikan sesuai dengan karakteristik wilayah. Melakukan penelusuran dan pengumpulan literatur terkait penelitian yang diperoleh dari peraturan/undang – undang yang berlaku, penelitian terdahulu seperti tesis, jurnal, *book chapter*, maupun *proceeding*.

#### **4.4 Pengumpulan Data**

Tahap mengumpulkan data dibagi menjadi 2 (dua) yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer adalah data yang diperoleh dari hasil wawancara dengan sumber dan melakukan survei lapangan pada titik genangan serta dilakukan pengukuran seperti lebar saluran, dalam saluran, penampang saluran, tinggi air, tinggi sedimentasi, dan kecepatan alir terkait dengan sistem drainase eksisting di Kecamatan Panakkukang.
2. Data Sekunder adalah data yang didapatkan dari instansi terkait berupa dokumentasi, peta, data statistik dan sebagainya. Data sekunder meliputi:
  - Peta topografi/kontur, rencana tata guna lahan, rencana pengembangan kota dan pengembangan wilayah yang bisa diperoleh dari Dinas Tata Ruang Kota Makassar.
  - Data jumlah penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Makassar.
  - Data curah hujan 15 tahun dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kota Makassar.
  - Master plan drainase dan data pola sistem drainase Kota Makassar tahun 2010-2025 didapat dari Dinas Pengairan Kota Makassar.

#### **4.5 Analisis Data**

Data yang diperoleh pada tahap pengumpulan data kemudian akan diolah untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian. Analisis data dilakukan berdasarkan 3 (tiga) aspek, aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek finansial.

a. Aspek Teknis

- Menghitung curah hujan maksimum rerata daerah
- Analisis curah hujan rancangan
- Melakukan uji kesesuaian distribusi
- Perhitungan Intensitas Hujan
- Perhitungan Debit Banjir Rancangan
- Debit Air Hujan
- Analisis kapasitas saluran eksisting
- Evaluasi kapasitas saluran

b. Aspek Lingkungan

Analisis pada aspek ini mengkaji beberapa alternatif pemilihan penanganan genangan untuk mengurangi genangan dengan melengkapi konsep drainase konvensional menjadi drainase yang berwawasan lingkungan. Tujuannya adalah agar limpasan air hujan dapat meresap ke dalam tanah, melakukan konservasi, dan melakukan pengisian muka air tanah. Dalam mengkaji kondisi eksisting yang perlu diperhatikan yaitu:

- Mengevaluasi tinggi muka air tanah, untuk mengetahui kedalaman yang cukup tersedia pada lokasi.
- Mengevaluasi jenis tanah pada kedalaman tertentu, untuk mengetahui nilai permeabilitas tanah.
- Analisis debit resapan, untuk mengetahui besar debit genangan yang dapat direduksi dari alternatif yang dipilih.

Alternatif pemilihan dilakukan dengan beberapa aspek yang dinilai seperti lebar saluran, dalam saluran, penampang saluran, tinggi sedimen, tinggi genangan, luas genangan dan lama genangan sesuai dengan karakteristik wilayah penelitian. Dari beberapa alternatif pemilihan akan dipilih satu alternatif desain yang paling layak untuk diterapkan di Kecamatan Panakkukang Kota Makassar.



c. Aspek Ekonomi

Hasil dari analisis aspek teknis dan aspek lingkungan berupa alternatif yang akan dipilih, kemudian dilakukan analisis *cost benefit* untuk mengetahui berapa besar biaya dampak akibat genangan serta pembangunan desain yang telah dipilih dari salah satu alternatif penanganan genangan dengan valuasi ekonomi metode nilai ekonomi kerusakan lingkungan.

#### **4.6 Kesimpulan dan Saran**

Tahapan penarikan kesimpulan mengenai hasil analisis dan pembahasan yang merupakan jawaban atas tujuan penelitian terhadap analisis pada 3 (tiga) aspek yaitu aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek ekonomi. Pemberian saran terhadap hasil penelitian bertujuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya serta masukan bagi pengelola sistem drainase di Kecamatan Panakkukang Kota Makassar.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Identifikasi Penyebab Genangan**

Kecamatan Panakkukang merupakan daerah rawan genangan setiap musim penghujan tiba dan bersama dengan pengaruh pasang surut air laut menyebabkan beberapa lokasi mengalami genangan. Faktor penyebab genangan dibagi menjadi 2 sebab, yaitu faktor alam dan faktor manusia.

Genangan air atau banjir yang cukup besar menimpa Kota Makassar pada bulan Januari 2013 meliputi 4 kecamatan, satu di antaranya adalah Kecamatan Panakkukang. Sumber dampak adalah tingginya desakan perubahan fungsi lahan dari eksisting lahan resapan air menjadi kawasan permukiman sehingga ruang terbuka hijau juga semakin sempit.

Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (2014) beberapa lokasi di Kecamatan Panakkukang yang mengalami genangan/banjir adalah Kelurahan Panaikang dengan luas wilayah yang terdampak 148,80 ha, Kelurahan Paropo 16,25 ha, Kelurahan Tello Baru 43,25 ha, dan Kelurahan Pampang 151,80 ha.

##### **5.1.1 Kondisi Saluran Drainase**

Secara umum sistem drainase di Kecamatan Panakkukang masih menggunakan sistem drainase gabungan, dimana pembuangan air limbah dan air hujan disalurkan melalui satu saluran, hal ini disebabkan karena terbatasnya lahan untuk drainase. Berikut merupakan kondisi saluran drainase di Kecamatan Panakkukang:

- Dari 26 saluran drainase yang ada di Kecamatan Panakkukang, terdapat 11 saluran tanpa yang tidak memenuhi kapasitasnya. Terlihat pada Gambar 5.1.
- Terdapat saluran dari rumah warga yang langsung mengalir ke saluran primer. Sehingga pada saat saluran primer penuh, maka aliran air akan masuk ke saluran sekunder dan tersier yang menyebabkan genangan di wilayah tersebut. Terlihat pada Gambar 5.2.
- Terdapat saluran drainase sekunder mengalami kondisi tersumbat oleh sampah karena masih banyaknya masyarakat yang memiliki kebiasaan

membuang sampah ke saluran atau sungai sehingga berakibat meluapnya air dan menggenangi daerah sekitar. Terlihat pada Gambar 5.3.

- Adapun saluran sekunder dalam kondisi tertimbun oleh sedimen dan sampah sehingga saluran tersebut tidak berfungsi dan mengakibatkan saluran drainase yang berhubungan langsung terkena dampak tidak dapat mengalir ke saluran primer. Terlihat pada Gambar 5.4.

Untuk data saluran drainase eksisting Kecamatan Panakkukang Kota Makassar dapat dilihat secara lengkap pada Lampiran.



**Gambar 5.1** Saluran drainase yang tidak memenuhi kapasitas



**Gambar 5.2** Saluran warga mengalir langsung ke saluran primer



**Gambar 5.3** Saluran tersumbat oleh sampah



**Gambar 5.4** Saluran tertimbun oleh sedimen dan sampah

### **5.1.2 Evaluasi pengendalian genangan**

Adapun evaluasi pengendalian genangan/banjir yang dilakukan di Kota Makassar. Untuk pengaturan debit banjir dengan melakukan kegiatan pembuatan dan pemeliharaan saluran drainase yang tersumbat dan tertimbun oleh sedimen dan sampah, khususnya untuk saluran drainase sekunder dan tersier serta normalisasi saluran dengan pengerukan sedimentasi. Dalam implementasi

kegiatan ini pemeliharaan dan normalisasi tidak dilakukan secara rutin dan menyeluruh serta kurangnya kesadaran masyarakat.

Untuk pengaturan tata guna lahan dengan implementasi mempertahankan areal perlindungan dan kawasan resapan air di Daerah Antang, pemanfaatan lahan-lahan rawan banjir yang tidak sesuai dengan fungsinya. Dalam kegiatan ini masih kurangnya kontrolnya dalam pelaksanaan RTRW. Akibat dari kurangnya pengaturan tata guna lahan inilah menyebabkan perubahan ketinggian muka air tanah, hal ini terjadi karena daerah tangkapan air berubah menjadi daerah permukiman sehingga kurangnya resapan air ke dalam tanah.

Dari berbagai bentuk ancaman maupun kerugian dalam ketersediaan cadangan air tanah maka pengelolaan air hujan sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan ketersediaan air tersebut, maka salah satu metode yang diperlukan yaitu dengan konsep berwawasan lingkungan yang berfungsi mereduksi genangan dan membiarkan air meresap atau pengisian kembali air tanah.

## 5.2 Aspek Teknis

### 5.2.1 Analisis Hidrologi

#### 1. Analisis Uji Konsistensi

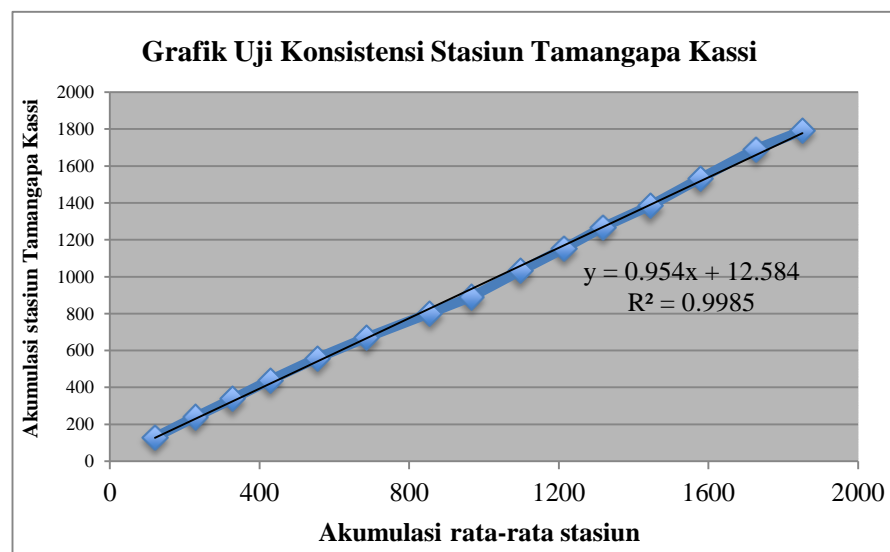
Untuk mengetahui keakuratan data yang diperoleh dilapangan sebelum melakukan analisis data curah hujan maka dilakukan uji konsistensi data. Uji yang digunakan adalah uji Kurva Massa Ganda yang dilakukan terhadap 2 (tiga) stasiun hujan yang ada agar tidak terjadi penyimpangan data. Data curah hujan yang digunakan 15 tahun terakhir, yaitu tahun 2001-2015. Berikut contoh perhitungan uji konsistensi untuk stasiun Tamangapa Kassi dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan grafik uji konsistensi terdapat pada Gambar 5.5.

**Tabel 5.1 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Tamangapa Kassi**

No.	Tahun	Stasiun Penakar Curah Hujan			Rata-Rata	Akumulasi
		Tamangapa Kassi	Akumulasi Stasiun	Paotere	Stasiun	Rata-rata
		(mm)		(mm)	(mm)	Stasiun
a	b	c	d	e	f	g
1	2001	130	130	110	120	120
2	2002	110	240	107	109	229
3	2003	98	338	100	99	328

4	2004	101	439	100	101	428
5	2005	120	559	133	127	555
6	2006	111	670	153	132	687
7	2007	132	802	204	168	855
8	2008	88	891	135	112	966
9	2009	141	1032	120	130	1097
10	2010	121	1153	113	117	1214
11	2011	116	1269	93	105	1318
12	2012	117	1385	136	126	1445
13	2013	147	1532	120	134	1578
14	2014	160	1692	138	149	1727
15	2015	99	1791	149	124	1851

Sumber: Hasil Analisis



**Gambar 5.5** Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Tamangapa Kassi

## 2. Tes Homogenitas Data Curah Hujan

Tes homogenitas dilakukan untuk memastikan data curah hujan yang diperoleh tidak terdapat penyimpangan yang cukup signifikan. Langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

- Perhitungan  $(R_i - R)^2$  untuk stasiun hujan Tamangapa Kassi untuk menghitung standar deviasi dapat dilihat pada Tabel 5.2. Untuk 2 stasiun lainnya dapat dilihat pada lampiran I

**Tabel 5.2 Perhitungan  $(Ri-R)^2$  Stasiun Hujan Tamangapa Kassi**

<i>Rank</i>	<i>Ri</i>	<i>(Ri-R)</i>	<i>(Ri-R)<sup>2</sup></i>
1	130	10,6	112,4
2	110	-9,4	88,4
3	98	-21,4	458,0
4	101	-18,4	338,6
5	120	0,6	0,4
6	111	-8,4	70,6
7	132	12,6	158,8
8	88	-31,4	986,0
9	141	21,6	466,6
10	121	1,6	2,6
11	116	-3,4	11,6
12	117	-2,4	5,8
13	147	27,6	761,8
14	160	40,6	1648,4
15	99	-20,4	416,2
<b>Jumlah</b>	1791		5525,6
<b>Rata2</b>	119,40		368,4

Sumber: Hasil Analisis

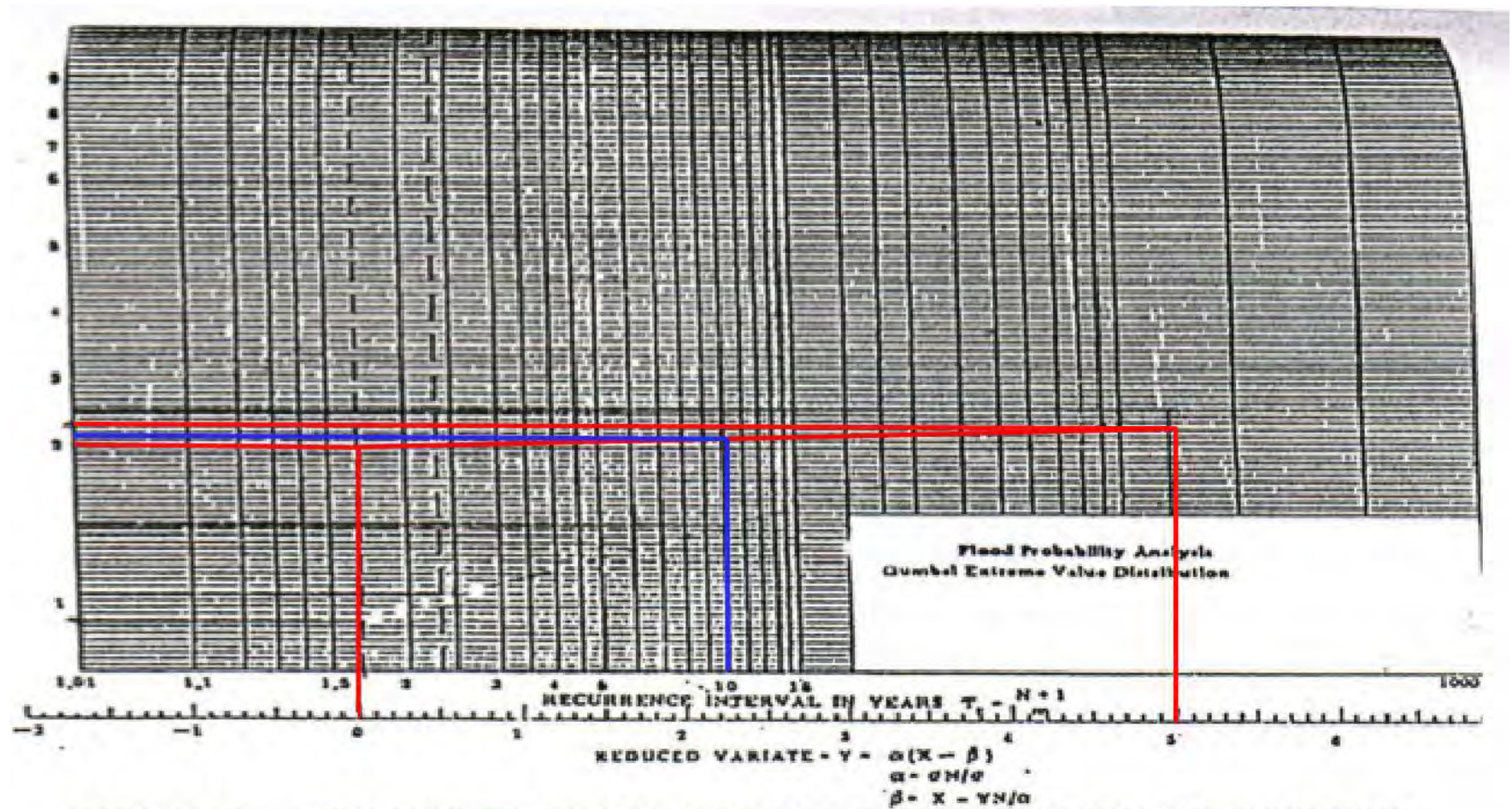
- b. Perhitungan Curah hujan rata-rata (R)

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{\Sigma \text{curah hujan}}{\Sigma \text{data (n)}} \\
 &= \frac{1791}{15} = 119,40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan Standar Deviasi (Sx)

$$\begin{aligned}
 Sx &= \sqrt{\frac{\Sigma (Ri-R)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\left[\frac{5525,6}{15-1}\right]} = 19,87
 \end{aligned}$$





**LAMPIRAN . PROPABILITY ANALYSIS GUMBEL EXTREME VALUE DISTRIBUTION**

**Gambar 5.6** Kertas Peluang Distribusi Gumbel Untuk Stasiun Tamangapa Kassi

d. Perhitungan Homogenitas Data

Diketahui jumlah data sebanyak 15 tahun ( $n=15$ ), maka diperoleh:

$$Y_n = 0,5128 \text{ (diperoleh dari Tabel 5.4)}$$

$$S_n = 1,0206 \text{ (diperoleh dari Tabel 5.4)}$$

$$\bullet \quad \frac{1}{\alpha} = \frac{Sx}{S_n} = \frac{19,87}{1,0206} = 19,47$$

$$\bullet \quad \mu = R - \left(\frac{1}{\alpha} \times Y_n\right)$$

$$\mu = 119,40 - (19,47 \times 0,5128) = 109,42$$

Persamaan Regresinya adalah:

$$R = \mu + \left(\frac{1}{\alpha} \times Y\right)$$

$$R = 109,42 + 19,47 Y$$

$$\text{Untuk } Y_0 = 0, R_0 = 109,42, \text{Log } R_0 = 2,03$$

$$Y_5 = 5, R_5 = 206,75, \text{Log } R_5 = 2,32$$

Log  $R_1$  dan  $R_2$  diplotkan di Gumbel Propability Paper pada Gambar 5.5, maka diperoleh:

$$R_{10} = 147,91$$

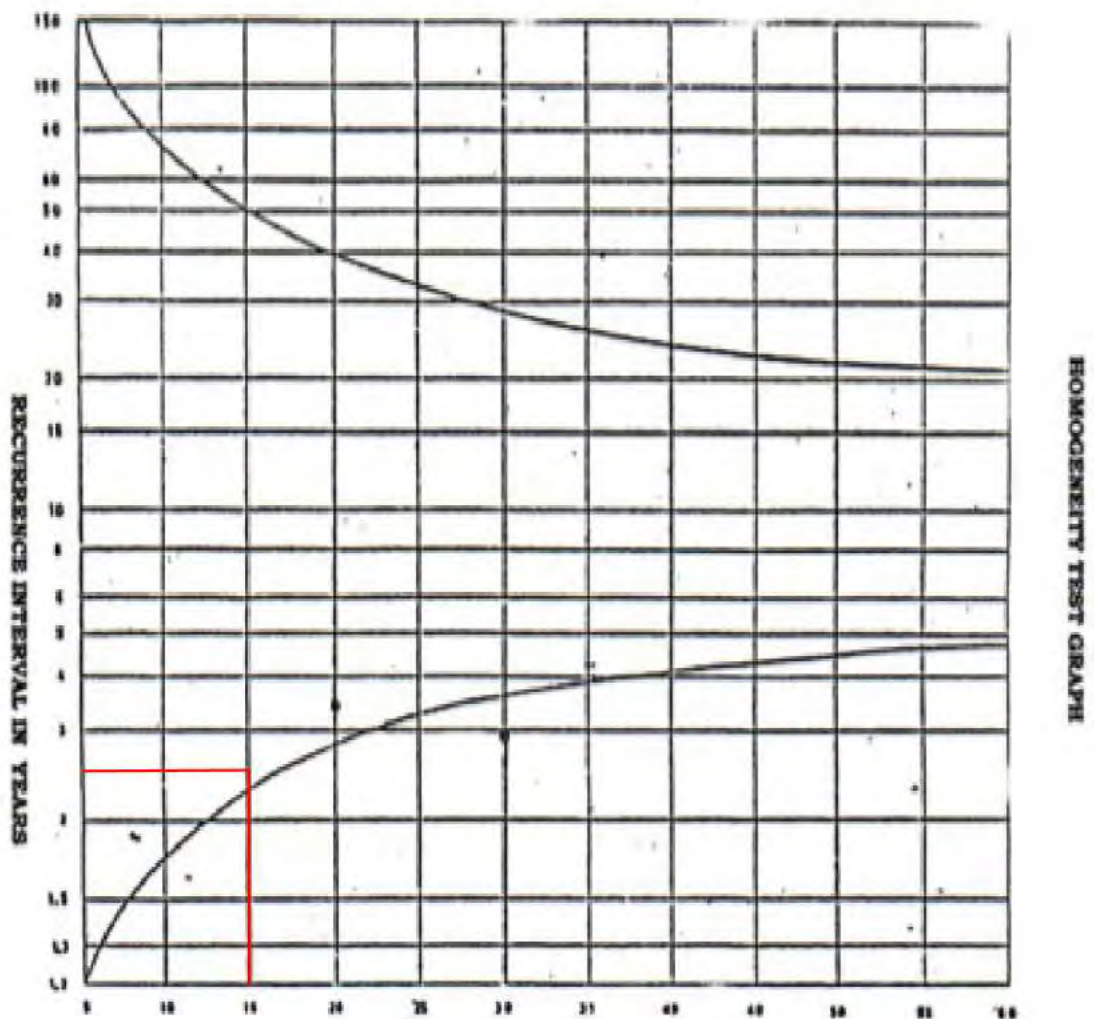
$$Tr_{10} = 2,17$$

- Titik Homogenitas

$$\text{Ordinat TR} = \frac{R_{10}}{R} \times T, = \frac{147,91}{122,6} \times 2,17 = 2,61$$

$$\text{Absis (n)} = 15$$

Didapatkan titik homogenitas  $(n, TR) = (15; 2,61)$ . Kemudian diplot pada grafik homogenitas seperti pada Gambar 5.7. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa data hujan tersebut homogen.



**Gambar 5.7** Grafik Homogenitas Data Curah Hujan Stasiun Tamangapa Kassi

### 3. Analisis Curah Hujan Rerata Daerah

Analisis curah hujan rerata daerah menggunakan metode Aljabar. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan kemudian dibagi jumlah stasiun. Metode ini digunakan karena stasiun hujan tersebar secara merata. Adapun 2 (tiga) stasiun hujan tersebut adalah:

1. Stasiun Tamangapa Kassi
2. Stasiun Paotere

**Tabel 5.3 Data Curah Hujan Maksimum Harian Tiap Stasiun Hujan**

No.	Tahun	Stasiun Penakar Curah Hujan	
		Tamangapa Kassi	Paotere
		(mm)	(mm)
a	b	c	e
1	2001	130	110
2	2002	110	107
3	2003	98	100
4	2004	101	100
5	2005	120	133
6	2006	111	153
7	2007	132	204
8	2008	88	135
9	2009	141	120
10	2010	121	113
11	2011	116	93
12	2012	117	136
13	2013	147	120
14	2014	160	138
15	2015	99	149

Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

#### **4. Analisis Curah Hujan Rancangan**

Analisis curah hujan rancangan bertujuan untuk memperoleh besaran curah hujan rancangan pada setiap periode ulang yang ditentukan. Untuk menentukan periode ulang curah hujan rancangan adalah 10 tahun untuk saluran primer dan 5 tahun untuk saluran sekunder. Perhitungan menggunakan Metode Gumbel dan *Log Pearson Type III*.

##### **a. Metode Gumbel**

Perhitungan besarnya curah hujan rancangan dengan Metode Gumbel menggunakan data hujan yang telah diurutkan seperti yang disajikan pada Tabel 5.4

Contoh perhitungan untuk memperoleh curah hujan rata-rata dan standar deviasi adalah sebagai berikut:

- Perhitungan curah hujan rata-rata

$$\bar{X} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n X_i = \left(\frac{1}{15}\right) \times 1851 = 123,4 \text{ mm}$$

- Perhitungan Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\left[\frac{4765,6}{15-1}\right]} = 18,45$$

**Tabel 5.4** Curah Hujan Maksimum Rata-Rata

<i>Rank</i>	<i>Ri</i>	<i>(Ri-R)</i>	<i>(Ri-R)<sup>2</sup></i>
1	120	-3,4	11,6
2	109	-14,9	222,3
3	99	-24,4	593,0
4	101	-22,9	523,1
5	127	3,2	10,5
6	132	8,4	70,4
7	168	44,6	1989,5
8	112	-11,7	136,9
9	130	7,0	49,5
10	117	-6,4	41,1
11	105	-18,8	353,5
12	126	2,8	7,8
13	134	10,2	103,2
14	149	25,5	652,8
15	124	0,7	0,5
<b>Jumlah</b>	1851		4765,6
<b>Rata2</b>	123,4		317,7
STDEV			18,45
Yn			0,5128
σn			1,0206

Sumber: Hasil Analisis

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrem Gumbel dapat dicari dengan perhitungan berikut:

Dari jumlah data (n) = 15, maka diperoleh:

$Y_n = 0,5128$  (diperoleh dari Tabel 5.5)

$S_n = 1,0206$  (diperoleh dari Tabel 5.5)

**Tabel 5.5** Mencari Nilai *Reduced Mean*,  $Y_n$  dan *Reduced Standard Deviation*,  $S_n$

n	$Y_n$	$s_n$
10	0,4952	0,9496
11	0,4996	0,9676
12	0,5035	0,9833
13	0,507	0,9971
14	0,51	1,0095
15	0,5128	1,0206
16	0,5157	1,0316
17	0,5181	1,0411
18	0,5202	1,0493
19	0,522	1,0565
20	0,5236	1,0628
21	0,5252	1,0696
22	0,5268	1,0754
23	0,5283	1,0811
24	0,5296	1,0864
25	0,5309	1,0915
30	0,5362	1,1124

Sumber: Suripin, 2004

Selanjutnya nilai K (Faktor Frekuensi) untuk distribusi Gumbel, disajikan pada Tabel 5.6. Sedangkan hasil perhitungan curah hujan rancangan untuk berbagai periode ulang hujan dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.6** Nilai  $Y_{TR}$  dan Faktor K

Tr (PUH,th)	$Y_{TR}$ (Reduced Variate)	K (Faktor Frekuensi)
2	0,3665	-0,1433
5	1,4999	0,9672
10	2,2502	1,7023
25	3,1985	2,6315
50	3,9019	3,3207
100	4,6001	4,0048

Sumber: Hasil Analisis

Contoh perhitungan untuk Periode Ulang Hujan (PUH) dengan  $T = 2$  tahun adalah sebagai berikut:

- Untuk perhitungan  $Y_{TR}$  (*reduced variate*) dan K (Faktor Frekuensi):
- $Y_{TR} = -\ln \left\{ -\ln \frac{Tr}{Tr-1} \right\} = -\ln \left\{ -\ln \frac{2}{2-1} \right\} = 0,3665$



$$- \quad K = \frac{Y_{Tr}-Y_n}{S_n} = \frac{0,3665-0,5128}{1,0206} = -0,1433$$

- Untuk perhitungan curah hujan rancangan:

$$- \quad X_2 = \bar{X} + \Sigma \frac{Y_{Tr}-Y_n}{S_n} \times S = 122,6 + \frac{0,3665-0,5128}{1,0206} \times 18,45 = 120,41 \text{ mm}$$

**Tabel 5.7** Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

PUH (T)	Probabilitas %	$Y_{TR}$ 4	$Y_n$ 5	Hujan Rancangan
a	b	c	d	e
2	50	0,3665	0,5128	120,77
5	20	1,4999	0,5128	141,25
10	10	2,2502	0,5128	154,82
25	4	3,1985	0,5128	171,96
50	2	3,9019	0,5128	184,68
100	1	4,6001	0,5128	197,30

Sumber: Hasil Analisis

Perhitungan untuk nilai k, b, Se, dan  $R_k$  dengan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) sebesar 90% dengan nilai t (a) = 1,64 dan T = 5 adalah sebagai berikut:

- Nilai k

$$k = \frac{Y_{Tr}-Y_n}{S_n} = \frac{1,4999-0,5128}{1,0206} = 0,967$$

- Nilai b

$$b = \sqrt{1 + 1,3 k + 1,1 k^2} = \sqrt{1 + 1,3 (0,967) + 1,1 (0,967)^2} = 1,81$$

- Nilai Se

$$Se = \frac{b \times S}{\sqrt{N}} = \frac{1,81 \times 18,45}{\sqrt{15}} = 6,106$$

- Nilai  $R_k$

$$R_k = \pm t(a) \times Se$$

$$= \pm 1,64 \times 6,106 = 10,015$$

Hasil perhitungan rentang keyakinan dan perhitungan hujan harian maksimum dengan rentang keyakinan 90% dapat dilihat pada Tabel 5.8. Contoh perhitungan untuk nilai HHM dengan PUH 5 tahun dan derajat keyakinan 90% yang diperoleh dengan nilai  $R_k$  sebesar 8,288 pada Tabel 5.9 adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.8** Hasil Perhitungan Rentang Keyakinan dan Perhitungan Rentang Keyakinan 90% Metode Gumbel

Yt	Yn	Rentang Keyakinan				Rt dengan a=90%	
		k	b	Se	Rk	Rt + Rk	Rt - Rk
0,3665	0,5128	-0,143	0,914	3,080	5,052	125,82	115,71
1,4999	0,5128	0,967	1,813	6,106	10,015	151,27	131,24
2,2502	0,5128	1,702	2,530	8,522	13,976	168,79	140,84
3,1985	0,5128	3,706	4,575	15,410	25,272	197,23	146,69
3,9019	0,5128	3,321	4,177	14,070	23,074	207,75	161,60
4,6001	0,5128	4,005	4,883	16,450	26,978	224,28	170,32

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 5.9** Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum (HHM) Rencana Metode Gumbel dengan Rentang Keyakinan 90%

T	HHM dengan Rentang Keyakinan (90%) (mm/24 jam)		
2	115,71	s.d	125,82
5	131,24	s.d	151,27
10	140,84	s.d	168,79
25	146,69	s.d	197,23
50	161,60	s.d	207,75
100	170,32	s.d	224,28

Sumber: Hasil Analisis

#### b. Metode Log Pearson Type III

Pada metode ini, analisis curah hujan harian maksimum (HHM) diubah kedalam bentuk logaritman. Perhitungan parameter dengan Metode *Log Pearson Type III* dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Perhitungan parameter statistik dengan Metode *Log Pearson Type III* adalah:

- Nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ) dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} = \frac{31,31}{15} = 2,087$$

- Standar deviasi dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$S = \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]} = \sqrt{\left[ \frac{0,0550267}{15-1} \right]} = 0,063$$

- Koefisien kemencengan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{15(0,0033983)}{(15-1)(15-2)0,063^3} = 1,137$$



- Koefisien ketajaman dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 = \frac{15^2 (0,0002183)}{(15-1)(15-2)(15-3)0,063^4} = 1,49$$

- Koefisien variasi dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$C_v = \frac{s}{\log X_i} = \frac{0,063}{31,31} = 0,002$$

**Tabel 5.10** Analisis Curah Hujan Rancangan Dengan Menggunakan Distribusi

*Log Pearson Type III*

Ranking	Ri (mm)	Xi=logRi	Xi-X	(Xi-X) <sup>2</sup>	(Xi-X) <sup>3</sup>
1	168	2,225	0,138	0,0191	0,00265
2	149	2,173	0,086	0,0074	0,00064
3	134	2,126	0,039	0,0015	0,00006
4	132	2,120	0,033	0,0011	0,00004
5	130	2,115	0,028	0,0008	0,00002
6	127	2,103	0,016	0,0002	0,00000
7	126	2,101	0,014	0,0002	0,00000
8	124	2,094	0,007	0,0000	0,00000
9	120	2,079	-0,008	0,0001	0,00000
10	117	2,068	-0,019	0,0004	-0,00001
11	112	2,048	-0,039	0,0015	-0,00006
12	109	2,035	-0,052	0,0027	-0,00014
13	105	2,020	-0,067	0,0046	-0,00031
14	101	2,002	-0,085	0,0072	-0,00061
15	99	1,996	-0,091	0,0083	-0,00076
Jumlah		31,31		0,0550	0,00340
Rata-rata (X)		2,087			
σx					0,063
n					15
Cs					1,137

Sumber: Hasil Analisis

Keterangan:

Ri = Curah hujan rerata maksimum daerah setelah diurutkan

Xi = Log Curah hujan rerata maksimum daerah setelah diurutkan

Contoh perhitungan untuk R<sub>2010</sub> pada Tabel 5.10 adalah sebagai berikut:

- R<sub>2010</sub> = 117 mm
- Log Xi = Log 117 mm = 2,068
- Log (Xi – Log X)<sup>2</sup> = (2,068 – 2,087)<sup>2</sup>  
= 0,000355

- $$\begin{aligned}\text{Log } (X_i - \text{Log } X)^3 &= (2,068 - 2,087)^3 \\ &= -0,0000067\end{aligned}$$

Selanjutnya, dari hasil analisis parameter statistik dengan menggunakan *Log Pearson Type III* diatas, dapat dihitung analisis curah hujan rancangan untuk berbagai periode ulang dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.11

**Tabel 5.11** Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode *Log Pearson Type III*

PUH (Th)	Probabilitas	Faktor Frekuensi	K x S	X + (KxS)	Curah Hujan Rancangan
	%	k			(mm)
2	50	0,00	0	2,087	122,19
5	20	0,84	0,053	2,140	137,98
10	10	1,28	0,080	2,167	147,03
25	4	1,75	0,110	2,197	157,33
50	2	2,05	0,128	2,215	164,15
100	1	2,38	0,149	2,236	172,19

Sumber: Hasil Analisis

## 5. Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk menentukan apakah fungsi distribusi probabilitas yang dipilih telah sesuai dan dapat mewakili distribusi frekuensi dari data sampel yang ada, maka diperlukan pengujian parameter.

### a. Uji *Chi-Square*

Diketahui:

- Jumlah data (n) = 15
- Jumlah G sub kelas = 1 + 1,37 in N  
= 1 + 1,37 in 15  
= 4,7 → pakai 5
- Derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) = 5%
- Derajat kebebasan ( $\gamma$ ) = G – R -1  
= 5 – 2 – 1 = 2

Dimana R = 2 (ketetapan untuk nilai distribusi normal dan binomial).

Menghitung kelas distribusi

$$\frac{1}{5} \times 100\% = 20\%, \text{ interval distribusi adalah } 20\%, 40\%, 60\%, 80\%.$$

Untuk  $P = 20\%$ ,  $T = \frac{1}{P} = \frac{1}{20} = 5$  tahun

Untuk  $P = 40\%$ ,  $T = \frac{1}{P} = \frac{1}{40} = 2,5$  tahun

Untuk  $P = 60\%$ ,  $T = \frac{1}{P} = \frac{1}{60} = 1,67$  tahun

Untuk  $P = 80\%$ ,  $T = \frac{1}{P} = \frac{1}{80} = 1,25$  tahun

### Distribusi Probabilitas Gumbel

Diketahui:

$$Y_n = 0,5128$$

$$S_n = 1,0206$$

$$Y_{Tr} = -\ln - \ln \frac{T-1}{T}$$

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$$

Sehingga:

$$- T = 5, Y_t = 1,499 \rightarrow K = \frac{1,499 - 0,5128}{1,0206} = 0,97 \text{ tahun}$$

$$- T = 2,5, Y_t = 0,6717 \rightarrow K = \frac{0,6717 - 0,5128}{1,0206} = 0,16 \text{ tahun}$$

$$- T = 1,67, Y_t = 0,0907 \rightarrow K = \frac{0,0907 - 0,5128}{1,0206} = -0,41 \text{ tahun}$$

$$- T = 1,25, Y_t = -0,4759 \rightarrow K = \frac{-0,4759 - 0,5128}{1,0206} = -0,97 \text{ tahun}$$

$$\text{Nilai R rata-rata} = 123,4 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai standar deviasi} = 18,45$$

Maka interval kelas:

$$X_t = R_t + S \times K = 123,4 + 18,45 K$$

Sehingga:

$$- X_5 = 123,4 + 18,45 \times 0,97 = 141,307 \text{ mm}$$

$$- X_{2,5} = 123,4 + 18,45 \times 0,16 = 125,6363 \text{ mm}$$

$$- X_{1,67} = 123,4 + 18,45 \times (-0,41) = 115,846 \text{ mm}$$

$$- X_{1,25} = 123,4 + 18,45 \times (-0,97) = 105,514 \text{ mm}$$

Kemudian perhitungan uji chi-square metode gumbel dapat dilihat pada tabel berikut 5.12

**Tabel 5.12 Perhitungan Uji Chi-Square Metode Gumbel**

No.	Interval	Jumlah Data		(Oi - Ei) <sup>2</sup>	(Oi - Ei) <sup>2</sup> / Ei
		Oi	Ei		
a	b	c	d	e = (c-d) <sup>2</sup>	f = e/d
1	< 105,385	2	3	1	0,333
2	105,385 < X < 115,285	3	3	0	0,000
3	115,285 < X < 125,362	3	3	0	0,000
4	125,362 < X < 139,682	5	3	4	1,333
5	X > 139,682	2	3	1	0,333
<b>Jumlah</b>		<b>15</b>			<b>2,000</b>

Sumber: Hasil Analisis

### Distribusi Probabilitas *Log Pearson Type III*

Diketahui nilai koefisien kemencengan (Cs) adalah 0,873, maka untuk perhitungan Chi-Kuadrat dapat dilihat pada tabel 5.13 berikut.

- T = 5 ; K = 0,77
- T = 2,5 ; K = 0,31
- T = 1,67 ; K = -0,85
- T = 1,25 ; K = -0,93

Diketahui nilai LogR rata-rata = 2,087

Standar deviasi = 0,063

Nilai interval kelas LogR

$$X_t = \overline{\text{LogR}} + K \times S\text{LogR} = 2,087 + K \times 0,063$$

- $X_5 = 2,087 + 0,77 \times 0,063 = 2,135 \text{ mm}$
- $X_{2,5} = 2,087 + 0,31 \times 0,063 = 2,106 \text{ mm}$
- $X_{1,67} = 2,087 + (-0,85) \times 0,063 = 2,034 \text{ mm}$
- $X_{1,25} = 2,087 + (-0,93) \times 0,063 = 2,029 \text{ mm}$

**Tabel 5.13 Perhitungan Uji Chi-Square Metode *Log Pearson Type III***

No.	Interval	Jumlah Data		(Oi - Ei) <sup>2</sup>	(Oi - Ei) <sup>2</sup> / Ei
		Oi	Ei		
a	b	c	d	e = (c-d) <sup>2</sup>	f = e/d
1	< 2,027	3	3	0	0,000
2	2,027 < X < 2,032	0	3	9	3,000
3	2,032 < X < 2,103	7	3	16	5,333
4	2,103 < X < 2,131	3	3	0	0,000
5	X > 2,131	2	3	1	0,333
<b>Jumlah</b>		<b>15</b>			<b>8,667</b>

Sumber: Hasil Analisis

Dengan derajat kebebasan (dk) = 2 dan derajat signifikan  $\alpha = 5\%$ , maka didapatkan nilai  $X^2$  tabel sebesar 5,99. Dari perhitungan chi-kuadrat dengan menggunakan distribusi *Log Pearson Type III* didapatkan nilai 8,667. Dapat disimpulkan bahwa  $X^2$  hitung >  $X^2$  tabel atau  $8,677 > 5,99$  sehingga distribusi *Log Pearson Type III* yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan tidak dapat diterima.

**b. Uji Smirnov-Kolmogorov**

Analisis uji Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kebenaran dalam suatu hipotesa yaitu dengan membandingkan nilai  $D_{maks}$ . Terhadap  $D_0$  kritis.

Prosedur utama dalam melakukan Uji Smirnov-Kolmogorov adalah mengurutkan data hujan dari besar ke kecil. Dengan mengambil derajat kepercayaan 5% dan jumlah data Gumbel dapat dilihat pada Tabel 5.14

**Tabel 5.14** Perhitungan Probabilitas Curah Hujan Uji Smirnov-Kolmogorov  
Metode Gumbel

m	Tahun	Curah Hujan		Peluang		Peluang	Perbedaan Peluang Maks. D
		Rerata Daerah R (mm)	Setelah Diurutkan Xi (mm)	Pengamatan Pe (%)	P(x)	Teoritis Pt (%)	
a	b	c	d = c urut	e = a/(n+1)	f = m/(n-1)	g = d - f	h = e-f
1	2001	120	99	0,06	0,07	98,99	0.07
2	2002	109	101	0,13	0,14	100,40	-100,27
3	2003	99	105	0,19	0,21	104,40	-104,21
4	2004	101	109	0,25	0,29	108,21	-107,96
5	2005	127	112	0,31	0,36	111,35	-111,04
6	2006	132	117	0,38	0,43	116,57	-116,20
7	2007	168	120	0,44	0,50	119,50	-119,06
8	2008	112	124	0,50	0,57	123,54	-123,04
9	2009	130	126	0,56	0,64	125,56	-124,99
10	2010	117	127	0,63	0,71	125,94	-125,31
11	2011	105	130	0,69	0,79	129,66	-128,98
12	2012	126	132	0,75	0,86	130,94	-130,19
13	2013	134	134	0,81	0,93	132,64	-131,83
14	2014	149	149	0,88	1,00	147,96	-147,09
15	2015	124	168	0,94	1,07	166,95	-166,01
		1851	123.4			<b>Dmax</b>	0,07

Sumber: Hasil Analisis

Hasil perhitungan dari Tabel 5.14, diperoleh  $D_{maks} = 0,07$  dan nilai  $Do = 0,34$ . Syarat  $Do < D_{maks}$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusi Gumbel dapat diterima sebab  $D_{maks} < Do = 0,07 < 0,34$ . Sehingga hasil analisis menggunakan Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov menunjukkan bahwa perhitungan hujan rancangan menggunakan Metode Gumbel layak digunakan karena memenuhi persyaratan dari kedua metode di atas. Untuk perhitungan hujan rancangan menggunakan Metode Gumbel (periode 10 tahun sebesar 154,82 mm dan periode ulang 5 tahun sebesar 141,25 mm) akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya.

**Tabel 5.15** Hasil Perhitungan Kesesuaian Menggunakan Metode Chi Square dan Smirnov-Kolmogorov

No.	Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rancangan Metode	
		Gumbel	Log Pearson III
a	b	c	d
1	2	120,77	122,19
2	5	141,25	137,98
3	10	154,82	147,03
4	25	171,96	157,33
5	50	184,68	164,15
6	100	197,30	172,19
<b>Uji Chi-Kuadrat</b>			
7	Chi-Kuadrat hitung	2,000	8,667
8	Chi-Kuadrat kritis	5,991	5,991
9	Derajat kebebasan (dk)	2,00	2,00
10	Derajat Signifikan (a, %)	5%	5%
	Syarat	X2 hitung < X2 tabel	
	Hipotesa	Diterima	Tidak Diterima
<b>Uji Smirnov-Kolmogorov</b>			
11	Dmax	0,07	0,08
12	Do kritis	0,34	0,34
13	Derajat Signifikan (a, %)	5%	5%
	Syarat	Dmax < Do kritis	
	Hipotesa	Diterima	Diterima

Sumber: Hasil Analisis

### 5.2.2 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan

Perhitungan curah hujan yang dipilih sebelumnya adalah dengan Metode Gumbel. Selanjutnya, perhitungan analisis intensitas hujan dilakukan dengan 3 metode, yaitu:

#### a. *Metode Van Breen*

Metode ini menganggap intensitas hujan efektif 90% dari lama durasi hujan harian terpusat selama 4jam. Contoh perhitungan intensitas hujan dengan PUH 5 tahun adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{90\% \times R^{24}}{4} \text{ dengan } R^{24} = 141,25 \text{ mm}$$

$$I = \frac{90\% \times 141,25}{4}$$

$$= 31,78 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.16

**Tabel 5.16 Intensitas Hujan dengan Metode Van Breen**

PUH (Tahun)	HHM Gumbel (mm)	I efektif 4 jam (mm/jam)
2	120,77	27,17
5	141,25	31,78
10	154,82	34,83
25	171,96	38,69
50	184,68	41,55
100	197,30	44,39

Sumber: Hasil Analisis

Perhitungan distribusi intensitas hujan menggunakan Tabel 5.17 sebagai acuan mengingat keterbatasan data pembandingan daerah pengamatan.

**Tabel 5.17 Intensitas Hujan untuk Kota Jakarta**

Durasi (menit)	INTENSITAS HUJAN JAKARTA (mm/jam)				
	Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)				
	2	5	10	25	50
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144

40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber: Subarkah, 1980

Contoh perhitungan untuk Tabel 5.18 dengan Periode Ulang Hujan (PUH) 5 tahun dan durasi 5 menit adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{148}{27} \times 31,78 = 174 \text{ mm/jam}$$

Dimana angka 27 merupakan angka intensitas pada durasi 240 menit. Hasil perhitungan distribusi intensitas hujan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.18.

**Tabel 5.18 Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode Van Breen**

Durasi (menit)	INTENSITAS HUJAN JAKARTA (mm/jam) Untuk Periode Ulang Hujan (Tahun)				
	2	5	10	25	50
5	163	174	180	199	198
10	148	148	160	172	175
20	132	134	143	149	150
40	98	102	111	116	118
60	79	86	94	101	104
120	47	53	59	64	65
240	27	32	35	39	42

Sumber: Hasil Analisis

#### b. Metode Bell

Perhitungan metode Bell berpedomana pada pola hujan menurut Tanimoto, dimana data curah hujan didasarkan pada rentang durasi per 60 menit. Distribusi curah hujan menurut Tanimoto dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Dengan mengacu pada Tabel 5.19, maka pola distribusi curah hujan hanya diambil 2 jam pertama untuk curah hujan 170 mm sebab menghasilkan curah hujan yang maksimum. Contoh perhitungan untuk PUH 10 tahun adalah:

$$\text{Jam ke-1} = \frac{Rx \times 87}{170} = \frac{154,82 \times 87}{170} = 79,23 \text{ mm/jam}$$



$$\text{Jam ke-2} = \frac{Rx \times 28}{170} = \frac{154,82 \times 28}{170} = 25,50 \text{ mm/jam}$$

**Tabel 5.19 Pola Hujan Setiap Jam Menurut Tanimoto**

Jam ke	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	101
2	28	31	36	42
3	18	20	23	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10	-	5	10	15
11	-	4	9	14
12	-	4	9	14
13	-	4	9	14
14	-	4	9	14
15	-	3	8	13
16	-	3	8	13
17	-	3	7	13
18	-	3	7	12
19	-	2	7	11
20	-	-	7	11
21	-	-	7	11
22	-	-	6	11
23	-	-	4	10

Sumber: Subarkah, 1980

**Tabel 5.20 Pola Distribusi Hujan Harian Maksimum Per Jam**

Ranking 1 Jam ke -	HHM (mm/jam) dengan PUH (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
1	61,80	72,29	79,23	88,00	94,51	100,97
2	19,89	23,27	25,50	28,32	30,42	32,50
3	12,79	14,96	16,39	18,21	19,55	20,89
4	7,81	9,14	10,02	11,13	11,95	12,77
<b>Rata-rata</b>	25,57	29,91	32,79	36,42	39,11	41,78

Sumber: Hasil Analisis

Intensitas hujan dihitung berdasarkan pada rata-rata distribusi 2 jam pertama pada periode ulang hujan 10 tahun. Contoh perhitungannya adalah:

$$R_{10 \text{ tahun}}^{60 \text{ menit}} = \frac{79,23+25,50}{2} = 52,36 \text{ mm/jam}$$

Selanjutnya, contoh perhitungan nilai R dan intensitas curah hujan pada PUH = 10 tahun dengan t = 5 menit adalah sebagai berikut:

$$R_{10 \text{ tahun}}^{60 \text{ menit}} = (0,21 \times \ln T + 0,52) (0,54 \times t^{0,25} - 0,50) \times R_{10 \text{ tahun}}^{60 \text{ menit}}$$

$$R_{10 \text{ tahun}}^{60 \text{ menit}} = (0,21 \times \ln 10 + 0,52) (0,54 \times 5^{0,25} - 0,50) \times 52,36 \\ = 16 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan nilai R Tanimoto tiap PUH selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.21.

**Tabel 5.21 Perhitungan Nilai R Tanimoto**

Durasi	PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
Menit	R	R	R	R	R
5	11	14	16	19	22
10	16	21	24	29	32
20	22	29	34	40	45
40	30	39	45	54	60
60	35	45	53	63	70
120	45	58	68	81	90
240	57	73	85	102	114

Sumber: Hasil Analisis

Setelah R Tanimoto diketahui, maka menggunakan cara yang sama hasil perhitungan distribusi intensitas hujan disajikan pada Tabel 5.22. Contoh perhitungan distribusi intensitas hujan untuk PUH 10 tahun adalah:

$$I_T^t = \frac{60}{T} \times R_T^t = \frac{60}{5} \times 16 = 194 \text{ mm/jam}$$

**Tabel 5.22 Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode *Bell***

Durasi	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
Menit	I	I	I	I	I
5	129	166	194	231	259
10	96	124	145	173	194
20	67	87	101	121	135
40	45	58	68	81	90
60	35	45	53	63	70
120	22	29	34	40	45
240	14	18	21	25	29

Sumber: Hasil Analisis

**c. Metode *Hasper Weduwen***

Distribusi hujan harian dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan mempunyai distribusi yang simetris dengan lama hujan 0 – 1 jam dan durasi antara 1 sampai 24 jam. Contoh perhitungan untuk PUH 5 tahun adalah:

- Untuk durasi  $0 \leq t < 1$  jam

PUH (T) = 5 tahun, durasi (t) = 5 menit = 0,083 jam

$$R_i = X_r \times \left( \frac{1218 \times t + 54}{X_r \times (1-t) + 1272 \times t} \right)$$

$$R_i = 141,25 \times \left( \frac{1218 \times (0,083) + 54}{141,25 \times (1-0,083) + 1272 \times (0,083)} \right) = 93 \text{ mm}$$

Setelah nilai  $R_i$  diketahui, maka nilai R dan intensitas hujan dapat dihitung dengan persamaan:

$$R = \left( \frac{R_i}{100} \right) \times \sqrt{\frac{11300 \times t}{t+3,12}}$$

$$I = \frac{R}{t}$$

Contoh perhitungan nilai R dan intensitas hujan untuk PUH (T) = 5 tahun dan durasi (t) = 5 menit adalah:

$$R = \left( \frac{93}{100} \right) \times \sqrt{\frac{11300 \times (0,083)}{(0,083)+3,12}} = 16 \text{ mm}$$

$$I = \frac{16}{0,083} = 192 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan nilai R dan intensitas hujan dengan cara yang sama dan PUH yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 5.23 dan 5.24.

**Tabel 5.23 Perhitungan Nilai R**

Durasi		Nilai R tiap PUH				
		2	5	10	25	50
Menit	Jam	R	R	R	R	R
5	0,083	21	16	17	17	18
10	0,167	24	26	28	30	31
20	0,333	36	41	45	49	51
40	0,667	53	61	66	73	78
60	1	74	81	90	97	103
120	2	94	103	114	123	131
240	4	113	123	137	147	157

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 5.24 Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode *Hasper Weduwen***

Durasi		Nilai I tiap PUH				
		2	5	10	25	50
Menit	Jam	I	I	I	I	I
5	0,083	249	192	200	209	215
10	0,167	143	158	168	179	186
20	0,333	109	124	134	146	154
40	0,667	79	91	100	110	118
60	1	74	81	90	97	103
120	2	47	51	57	61	66
240	4	28	31	34	37	39

Sumber: Hasil Analisis

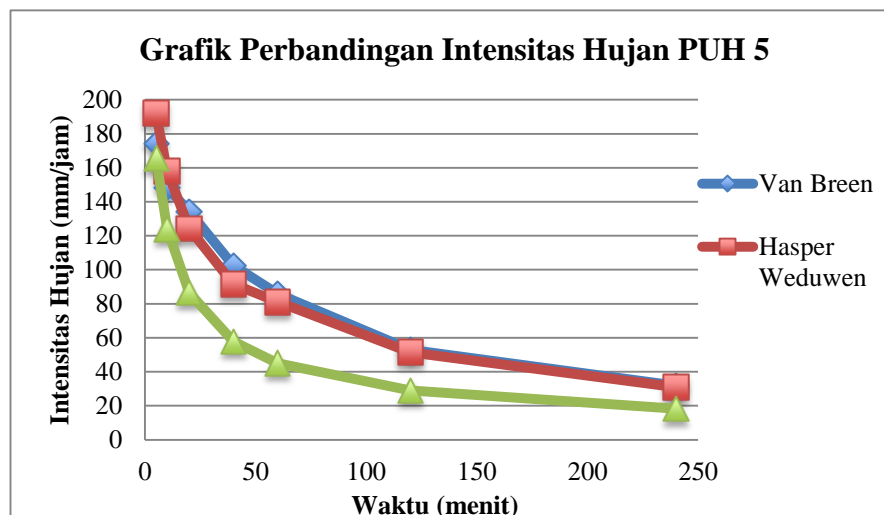
Perbandingan hasil perhitungan intensitas hujan dari ketiga metode yang digunakan (Metode *Van Breen*, Metode *Bell*, dan Metode *Hasper Weduwen*) dapat dilihat pada Tabel 5.25

Grafik lengkung analisis intensitas hujan ketiga metode dengan PUH 5 tahun dan 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8. Dari grafik tersebut menjelaskan bahwa intensitas hujan dengan Metode *Hasper Weduwen* mempunyai nilai intensitas yang terbesar sehingga hasil perhitungan dari metode ini yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

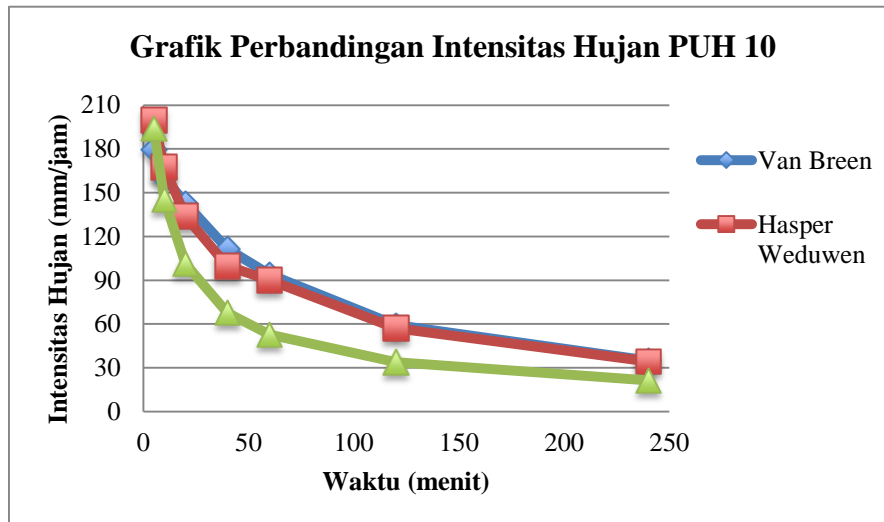
**Tabel 5.25 Perbandingan Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode Van Breen, Metode Bell, dan Metode Hasper Weduwen**

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	Metode <i>Van Breen</i>				
	PUH 2	PUH 5	PUH 10	PUH 25	PUH 50
5	163	174	180	199	198
10	148	148	160	172	175
20	132	134	143	149	150
40	98	102	111	116	118
60	79	86	94	101	104
120	47	53	59	64	65
240	27	32	35	39	42
Metode <i>Bell</i>					
5	129	166	194	231	259
10	96	124	145	173	194
20	67	87	101	121	135
40	45	58	68	81	90
60	35	45	53	63	70
120	22	29	34	40	45
240	14	18	21	25	29
Metode <i>Hasper Weduwen</i>					
5	249	192	200	209	215
10	143	158	168	179	186
20	109	124	134	146	154
40	79	91	100	110	118
60	74	81	90	97	103
120	47	51	57	61	66
240	28	31	34	37	39

Sumber: Hasil Analisis



**Gambar 5.8** Distribusi Intensitas Hujan PUH 5 Tahun (Hasil Analisis)



**Gambar 5.9** Distribusi Intensitas Hujan PUH 10 Tahun (Hasil Analisis)

### 5.2.3 Perhitungan Intensitas Hujan Rancangan

Perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Talbot, Sherman dan Ishiguro. Dari ketiga metode tersebut dipilih salah satu metode yang mempunyai lengkung intensitas hujan terkecil. Perhitungan distribusi intensitas hujan sebelumnya terpilih intensitas hujan dengan metode *Hasper Weduwen*, sebab pada metode tersebut menghasilkan nilai intensitas maksimum terbesar. Periode ulang hujan yang digunakan untuk merencanakan drainase yaitu PUH 5 tahun untuk saluran sekunder dan PUH 10 tahun untuk saluran primer. Selanjutnya ditentukan rumus intensitas hujan untuk masing-masing metode (Talbot, Ishiguro, dan Sherman) dapat dilihat pada Tabel 5.26 dan Tabel 5.27. Contoh perhitungan rumus intensitas untuk PUH 5 tahun sebagai berikut:

#### a. Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t+b} = \frac{8106,26}{t+40,63}$$

$$a = \frac{(\sum It)(\sum I^2 t)(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$= \frac{(27121 \times 95805)(2017447 \times 729)}{(7 \times 95805) - (729^2)} = 8106,26$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum It) - N(\sum I^2 t)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$= \frac{(729 \times 27121) - (7 \times 2017447)}{(7 \times 95805) - (729^2)} = 40,63$$

**b. Metode Ishiguro**

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} = \frac{589,58}{\sqrt{t+(-0,22)}}$$

$$a = \frac{(\sum I \sqrt{t})(\sum I^2) - (\sum I^2 \sqrt{t})(\sum I)}{N (\sum I^2) - (\sum I)^2}$$
$$= \frac{(3732,29 \times 95805)(377974,17 \times 729)}{(7 \times 95805) - (729^2)} = 589,58$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I \sqrt{t}) - N(\sum I^2 \sqrt{t})}{N (\sum I^2) - (\sum I)^2}$$
$$= \frac{(700 \times 3732,94) - (7 \times 377974,17)}{(7 \times 95805) - (729^2)} = -0,22$$

**c. Metode Sherman**

$$I = \frac{a}{tn} = \frac{460,83}{t^{0,46}}$$

$$\text{Log } a = \frac{(\sum \log I)(\sum \log^2 t) - (\sum \log t \log I)(\sum \log t)}{N (\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$
$$= \frac{(13,647 \times 18,898)(20,158 \times 10,840)}{(7 \times 18,898) - (10,840^2)} = 2,66$$

$$a = 460,83$$

$$n = \frac{(\sum \log I)(\sum \log t) - N(\sum \log t \log I)}{N (\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$
$$= \frac{(13,647)(10,840) - (7 \times 20,158)}{(7 \times 18,898) - (10,840^2)} = 0,46$$

Dengan menggunakan cara yang sama, perumusan untuk ketiga metode dengan PUH 5 tahun dan 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.26 sampai Tabel 5.27.

**Tabel 5.26 Lengkung Intensitas Hujan untuk PUH 5 Tahun**

t (menit)	I (mm/jam)	I x t	I <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> x t	Log I	Log t	Log I x Log t	log <sup>2</sup> I	log <sup>2</sup> t	t <sup>0.5</sup>	I x t <sup>0.5</sup>	I <sup>2</sup> x t <sup>0.5</sup>
5	192	960	36830	184151	2,283	0,699	1,596	5,213	0,489	2,236	429,128	82354,81
10	158	1581	25008	250079	2,199	1,000	2,199	4,836	1,000	3,162	500,079	79081,86
20	124	2485	15436	308724	2,094	1,301	2,725	4,386	1,693	4,472	555,629	69032,67
40	91	3657	8360	334416	1,961	1,602	3,142	3,846	2,567	6,325	578,287	52875,83
60	81	4865	6574	394437	1,909	1,778	3,394	3,644	3,162	7,746	628,042	50921,64
120	51	6172	2645	317399	1,711	2,079	3,558	2,928	4,323	10,954	563,382	28974,41
240	31	7401	951	228242	1,489	2,380	3,544	2,217	5,665	15,492	477,747	14732,95
<b>Jumlah</b>	<b>729</b>	<b>27121</b>	<b>95805</b>	<b>2017447</b>	<b>13,647</b>	<b>10,840</b>	<b>20,158</b>	<b>27,070</b>	<b>18,898</b>	<b>50,387</b>	<b>3732,294</b>	<b>377974,17</b>

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 5.27 Lengkung Intensitas Hujan untuk PUH 10 Tahun**

t (menit)	I (mm/jam)	I x t	I <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> x t	Log I	Log t	Log I x Log t	log <sup>2</sup> I	log <sup>2</sup> t	t <sup>0.5</sup>	I x t <sup>0.5</sup>	I <sup>2</sup> x t <sup>0.5</sup>
5	200	999	39916	199582	2,301	0,699	1,608	5,293	0,489	2,236	446,746	89255,81
10	168	1676	28083	280826	2,224	1,000	2,224	4,947	1,000	3,162	529,931	88805,09
20	134	2677	17912	358246	2,127	1,301	2,767	4,522	1,693	4,472	598,537	80106,23
40	100	3988	9942	397694	1,999	1,602	3,202	3,995	2,567	6,325	630,630	62880,95
60	90	5403	8110	486625	1,955	1,778	3,475	3,820	3,162	7,746	697,585	62822,97
120	57	6855	3263	391581	1,757	2,079	3,653	3,086	4,323	10,954	625,764	35746,27
240	34	8221	1173	281586	1,535	2,380	3,653	2,355	5,665	15,492	530,647	18176,31
<b>Jumlah</b>	<b>782</b>	<b>29819</b>	<b>108401</b>	<b>2396140</b>	<b>13,896</b>	<b>10,840</b>	<b>20,582</b>	<b>28,019</b>	<b>18,898</b>	<b>50,387</b>	<b>4059,839</b>	<b>437793,65</b>

Sumber: Hasil Analisis



**Tabel 5.28 Rumus Intensitas Hujan untuk PUH 5 Tahun dan 10 Tahun**

PUH	Metode	Rumus
5	Talbot	$I = \frac{8106,26}{t+40,63}$
	Ishiguro	$I = \frac{589,58}{\sqrt{t+(-0,22)}}$
	Sherman	$I = \frac{460,83}{t^{0,46}}$
10	Talbot	$I = \frac{9253,70}{t+44,68}$
	Ishiguro	$I = \frac{665,03}{\sqrt{t+(-0,27)}}$
	Sherman	$I = \frac{469,18}{t^{0,44}}$

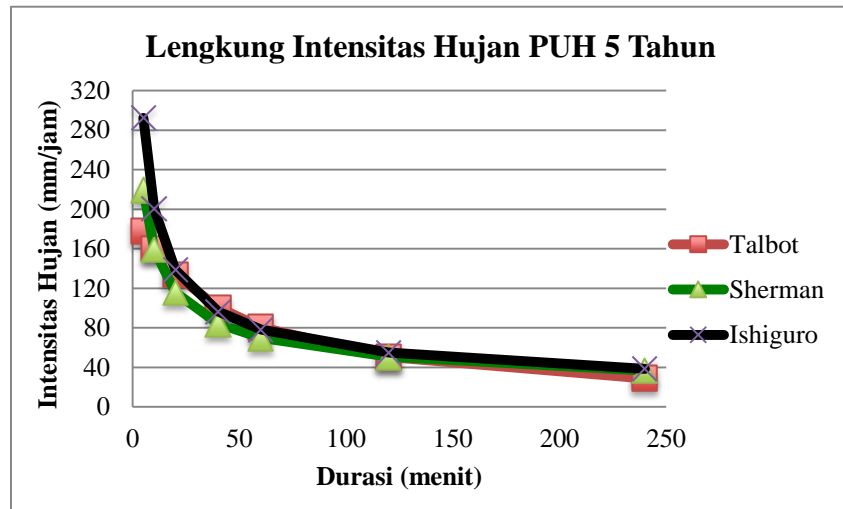
Sumber: Hasil Analisis

Setelah persamaan intensitas curah hujan untuk tiap PUH didapatkan, maka untuk mencari intensitas tiap waktu dapat dihitung dengan mensubstitusikan nilai waktu (t) ke tiap persamaan. Setelah itu dicari selisih intensitas hujannya. Perhitungan untuk mencari selisih intensitas hujan dengan PUH 5 tahun dan 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.29 dan Tabel 5.30, kemudian masing-masing perhitungan dimasukkan pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10.

**Tabel 5.29 Selisih Intensitas Hujan Metode Talbot, Sherman, dan Ishiguro untuk PUH 5 Tahun**

t (menit)	I	I talbot	I-I talbot	I sherman	I-I sherman	I ishiguro	I-I ishiguro
5	192	177,65	14	219,41	-27	292,5	-101
10	158	160,10	-2	159,39	-1	200,4	-42
20	124	133,70	-9	115,78	8	138,7	-14
40	91	100,54	-9	84,11	7	96,6	-5
60	81	80,55	1	69,77	11	78,3	3
120	51	50,47	1	50,68	1	54,9	-3
240	31	28,89	2	36,82	-6	38,6	-8
<b>JUMLAH</b>			<b>-3</b>		<b>-7</b>		<b>-171</b>

Sumber: Hasil Analisis

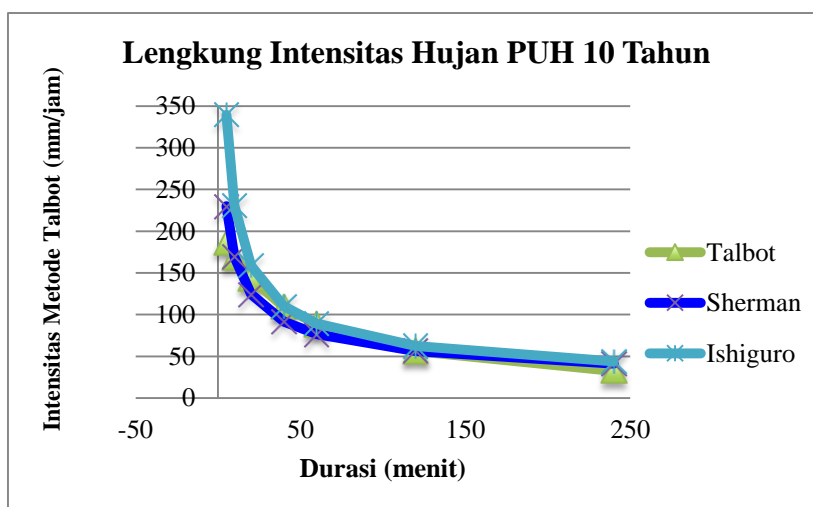


**Gambar 5.10 Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun (Hasil Analisis)**

**Tabel 5.30 Selisih Intensitas Hujan Metode Talbot, Sherman, dan Ishiguro untuk PUH 10 Tahun**

t (menit)	I	I talbot	I-I talbot	I sherman	I-I sherman	I ishiguro	I-I ishiguro
5	200	186,26	14	229,94	-30	339,44	-140
10	168	169,23	-2	169,13	-2	230,48	-63
20	134	143,07	-9	124,40	9	158,52	-25
40	100	109,28	-10	91,50	8	109,97	-10
60	90	88,40	2	76,46	14	89,04	1
120	57	56,19	1	56,24	1	62,28	-5
240	34	32,51	2	41,36	-7	43,71	-9
<b>JUMLAH</b>			<b>-3</b>		<b>-7</b>		<b>-251</b>

Sumber: Hasil Analisis



**Gambar 5.11 Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun (Hasil Analisis)**

Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 diatas menunjukkan bahwa dari ketiga metode perhitungan intensitas hujan rancangan yang digunakan, didapatkan nilai delta intensitas hujan (I) terkecil adalah Metode Talbot. Sehingga rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya intensitas hujan dengan menggunakan persamaan:

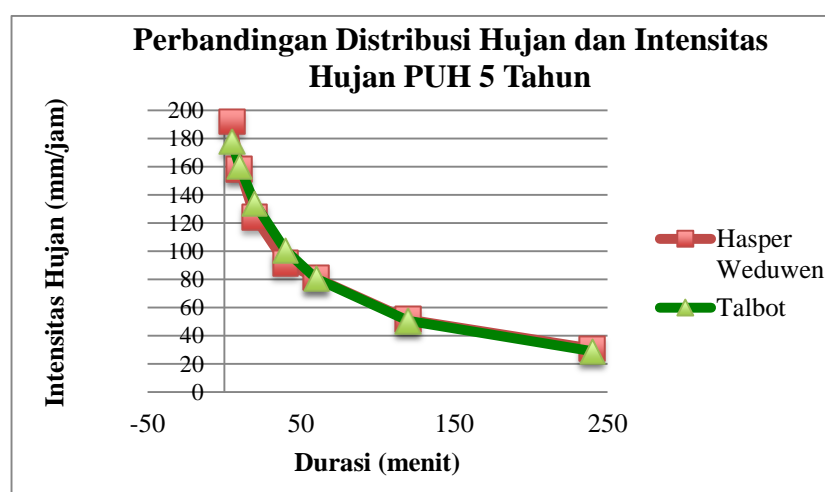
$$I = \frac{8106,26}{t+40,63} \text{ (untuk PUH 5 tahun) dan } I = \frac{9253,70}{t+44,68} \text{ (untuk PUH 10 tahun).}$$

Berikut merupakan perbandingan distribusi intensitas hujan dan intensitas hujan rancangan yang telah dipilih untuk PUH 5 tahun dan PUH 10 tahun.

**Tabel 5.31 Perbandingan Distribusi Intensitas Hujan dan Intensitas Hujan Rancangan**

Perbandingan Hasper Weduwen dan Talbot PUH 5		
Durasi (menit)	Hasper Weduwen	Talbot
5	192	178
10	158	160
20	124	134
40	91	101
60	81	81
120	51	50
240	31	29

Sumber: Hasil Analisis



**Gambar 5.12 Perbandingan Distribusi Hujan dan Intensitas Hujan PUH 5 Tahun (Hasil Analisis)**

## 5.2.4 Analisis Debit Banjir

### 1. Analisis Debit Air Hujan

Dalam perhitungan debit air hujan digunakan metode rasional yang telah dimodifikasi. Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi kondisi topografi lahan berdasarkan Tabel 2.5 besarnya C diambil dari rata-rata nilai koefisien pengaliran masing-masing peruntukan tata guna lahan di Kecamatan Panakkukang yang didominasi oleh perumahan. Contoh perhitungan debit air hujan ( $Q_1$ ) pada saluran primer Urip Sumohardjo 1 (SP.US1), untuk saluran sekunder selengkapny dapat dilihat pada Lampiran I-4 adalah sebagai berikut:

- Luas *Catchment Area*,  $A = 0,19 \text{ km}^2$
- Koefisien Pengaliran,  $C = 0,81$
- Panjang Saluran,  $L = 2951,81 \text{ m}$
- Slope,  $S = 0,00023$
- Kecepatan aliran dalam saluran,  $v = 0,98 \text{ m/det}$
- Waktu aliran permukaan,  $t_o = 0,0195L_o^{0,77} S^{-0,385}$   

$$= 0,0195 \times 67,37^{0,77} \times 0,00023^{-0,385}$$

$$= 12,47 \text{ menit}$$
- Waktu aliran di saluran,  $t_s = \frac{L}{v \times 60}$   

$$t_s = \frac{2951,81}{0,98 \times 60} = 50,20 \text{ menit}$$
- Waktu konsentrasi,  $t_c = t_o + t_s$   

$$t_c = 12,47 + 50,20 = 62,67 \text{ menit} = 1,04 \text{ jam}$$
- Intensitas hujan rancangan,  $I = \frac{9253,70}{t+44,68} = \frac{9253,70}{1,04+44,68} = 202,38 \text{ mm/jam}$
- Debit limpasan air hujan ( $Q_1$ )  

$$= 0,2778 \times C \times I \times A$$

$$= 0,2778 \times 0,81 \times 202,38 \times 0,19$$

$$= 8,67 \text{ m}^3/\text{detik}$$

**Tabel 5.32 Koefisien Pengaliran Saluran Primer di Kecamatan Panakkukang**

No.	Nama Saluran	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran	Luas (A) ha	Koef. C x A
1	Saluran	Permukiman dan Perdesaan	0,65	4,11	2,67

	Urip Sumohardjo 1	Perdagangan dan jasa	0,80	2,89	2,31
		Fasilitas Umum	0,80	1,35	1,08
		Lahan Kosong	0,30	0,01	0,00
		Sekolah	0,80	2,05	1,64
		Jalan Beraspal	0,90	8,50	7,65
Total Luas				19	1536
Koefisien Pengaliran Rancangan					0,81
2	Urip Sumohardjo 2	Permukiman dan Perkotaan	0,70	3,30	2,31
		Perdagangan dan jasa	0,80	2,33	1,86
		Lahan Kosong	0,30	0,10	0,03
		Fasilitas Umum	0,80	2,70	2,16
		Pendidikan	0,80	2,31	1,85
	Jalan Beraspal	0,90	7,50	4,20	
Total Luas				18	12,42
Koefisien Pengaliran Rancangan					0,68
3	Urip Sumohardjo 3	Permukiman dan Perkotaan	0,70	4,67	3,27
		Perdagangan dan jasa	0,80	2,45	1,96
		Taman	0,25	1,30	0,33
		Pendidikan	0,80	3,70	2,96
		Jalan Beraspal	0,90	7,23	6,51
Total Luas				19	15,02
Koefisien Pengaliran Rancangan					0,78
4	Urip Sumohardjo 4	Permukiman dan Perkotaan	0,70	3,91	2,74
		Perdagangan dan jasa	0,80	2,01	1,61
		Kawasan Militer	0,70	3,11	2,18
		Fasilitas Umum	0,80	1,33	1,06
		Lahan Kosong	0,30	0,20	0,06
	Jalan Beton	0,90	5,85	5,27	
Total Luas				16	12,91
Koefisien Pengaliran Rancangan					0,79
5	Urip-Racing	Permukiman dan Perkotaan	0,70	2,41	1,69
		Perdagangan dan jasa	0,80	1,29	1,03
		Fasilitas Umum	0,80	1,16	0,93
		Pendidikan	0,80	1,54	1,23
		Jalan Beraspal	0,90	3,03	2,73
Total Luas				9	7,61
Koefisien Pengaliran Rancangan					0,81
6	Urip-PLTU	Permukiman dan Perkotaan	0,70	17,35	12,15
		Perdagangan dan jasa	0,80	12,26	9,81
		Industri	0,90	10,98	9,88
		Sempadan Sungai	0,30	7,98	2,39
		Sekolah	0,80	4,56	3,65
		Kawasan Militer	0,70	7,7	0,00
		Jalan Beton	0,90	26,89	24,20
Total Luas				88	62,08
Koefisien Pengaliran Rancangan					0,71
7	Abd. Dg. Sirua	Permukiman dan Perkotaan	0,70	35,32	24,72
		Perdagangan dan jasa	0,80	22,87	18,30
		Sekolah	0,80	12,71	10,17
		Kuburan	0,25	17,65	4,41
		Jalan Beton	0,90	44,51	40,06
Total Luas				133	97,66
Koefisien Pengaliran Rancangan					0,73
8	Pasar Pettarani	Permukiman dan Perkotaan	0,70	42,64	29,85
		Perdagangan dan jasa	0,80	33,56	26,85
		Sekolah	0,80	15,31	12,25

		Fasilitas Umum	0,80	28,21	22,57
		Jalan Beraspal	0,90	50,78	45,70
	<b>Total Luas</b>			<b>171</b>	<b>137,21</b>
	<b>Koefisien Pengaliran Rancangan</b>				<b>0,80</b>
9	Saluran	Permukiman dan Perkotaan	0,70	218,64	153,05
	Sukaria-Pampang	Perdagangan dan jasa	0,80	178,3	142,64
		Pendidikan	0,80	48,72	38,98
		Lahan Kosong	0,30	1,05	0,32
		Taman	0,25	3,32	0,83
		Fasilitas Umum	0,80	51,02	40,82
		Jalan Beton	0,90	70,89	63,80
		Jalan Beraspal	0,90	233,04	209,74
	<b>Total Luas</b>			<b>805</b>	<b>650,16</b>
	<b>Koefisien Pengaliran Rancangan</b>				<b>0,81</b>

Sumber: Hasil Analisis

## 5.2.5 Analisis Debit Air Kotor

### 1. Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk ini dilakukan untuk menghitung jumlah penduduk selama umur perencanaan. Jumlah penduduk didapat dari hasil proyeksi berdasarkan data jumlah penduduk pada tahun-tahun sebelumnya. Data penduduk yang digunakan pada tahun 2007-2014. Metode yang digunakan adalah metode aritmatik dan metode geometrik, kemudian diambil salah satu metode yang memiliki angka korelasi mendekati 1 (satu). Jumlah penduduk akan di proyeksikan 10 tahun kedepan.

**Tabel 5.33 Jumlah Penduduk dan Pertumbuhan Penduduk  
di Kecamatan Panakkukang**

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah Penduduk (Jiwa)</b>	<b>Pertumbuhan Per Tahun</b>	<b>Presentase (%)</b>
2007	133.426		
2008	134.548	1.122	0,84
2009	136.555	2.007	1,49
2010	141.382	4.827	3,53
2011	142.729	1.347	0,95
2012	142.308	-421	-0,29
2013	142.577	269	0,19
2014	145.132	2.555	1,80
Jumlah		11.706	8,51
Rata-Rata		1.672	1,22

Sumber: Hasil Analisis

Dari data diatas dilakukan uji korelasi untuk mencari nilai r dari masing-masing metode dengan persamaan:

$$r = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma Y)(\Sigma X)}{\sqrt{[n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2] \times [n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2]}}$$

**Tabel 5.34 Nilai Korelasi Metode Aritmatik**

Tahun	X	Y (Pertumbuhan Penduduk)	(X)(Y)	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2007	1		0	1	0.000
2008	2	1.122	2.244	4	1.258.884
2009	3	2.007	6.021	9	4.028.049
2010	4	4.827	19.308	16	23.299.929
2011	5	1.347	6.735	25	1.814.409
2012	6	-421	-2.526	36	177.241
2013	7	269	1.883	49	72.361
2014	8	2.555	20.440	64	6.528.025
Jumlah	36	9.151	33.665	204	30.650.873
<b>r</b>	<b>-0,44</b>				

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 5.35 Nilai Korelasi Metode Geometrik**

Tahun	X	P (Jumlah Penduduk)	Y = ln P	(X)(Y)	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2007	1	133.426	11,80	11,80	1	139,27
2008	2	134.548	11,81	23,62	4	139,47
2009	3	136.555	11,82	35,47	9	139,82
2010	4	141.382	11,86	47,44	16	140,64
2011	5	142.729	11,87	59,34	25	140,87
2012	6	142.308	11,87	71,19	36	140,80
2013	7	142.577	11,87	83,07	49	141,26
2014	8	145.132	11,89	95,08	64	141,26
Jumlah	36	1.118.657	82,90	331,94	204	982,12
<b>r</b>	<b>0,94</b>					

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 5.36 Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Panakkukang**

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2015	150.563	2020	160.586
2016	151.829	2021	160.889
2017	154.094	2022	163.772
2018	159.541	2023	169.901
2019	161.061	2024	171.329

Sumber: Hasil Analisis

Dari kedua metode diatas didapat nilai  $r$  untuk geometrik yang mendekati angka 1. Untuk selanjutnya perhitungan proyeksi jumlah penduduk hingga tahun 2024 menggunakan metode geometrik. Berikut merupakan contoh perhitungan proyeksi jumlah penduduk:

- Jumlah penduduk tahun 2014 ( $P_o$ ) = 145.132
- Prosentase kenaikan penduduk tiap tahun ( $r$ ) = 1,22%
- Jangka waktu ( $n$ ) = 10 tahun
- $P_n = P_o (1 + r)^n$   
 $= 145.132 (1 + 1,22\%)^{10}$   
 $= 163.772$  jiwa

## 2. Analisis Debit Air Kotor

Analisis debit air yang berasal dari air buangan aktifitas penduduk. Kebutuhan air bersih rata-rata penduduk di Kecamatan Panakkukang adalah 150 liter/hari/orang. Diasumsikan bahwa air yang digunakan setiap hari adalah 80%, sehingga perhitungan air buangan adalah:

$$150 \text{ liter/orang/hari} \times 80\% = 0,00139 \text{ liter/detik/orang}$$

$$Q_2 = 0,00000139 \text{ m}^3/\text{detik/orang}$$

Jumlah air kotor yang dibuang dengan jumlah penduduk sebesar  $P_n$  adalah:

$Q_2 = 0,00000139 \times P_n$  sehingga analisis proyeksi jumlah penduduk hingga tahun 2024 sebesar 166.316 jiwa. Contoh perhitungan debit air kotor di Saluran Primer Urip Sumohardjo 1 (SP. US1):



- Luas layanan  $= 0,19 \text{ km}^2$
- Jumlah penduduk ( $P_n$ )  $= \text{kepadatan penduduk} \times \text{luas layanan}$   
 $= 1.672 \times 0,19 \text{ km}^2$   
 $= 317.68 \text{ jiwa}$
- Debit rerata ( $Q_2$ )  $= 0,00000139 \times P_n$   
 $= 0,00000139 \times 317.68 \text{ jiwa}$   
 $= 0,000442 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Debit puncak  $= F_p \times Q_2$   
 $= 3,34 \times 0,000697$   
 $= 0,00147 \text{ m}^3/\text{detik}$

#### 5.2.6 Analisis Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan ( $Q_{\text{ranc}}$ ) adalah debit air hujan ( $Q_1$ ) ditambah dengan debit air kotor ( $Q_2$ ), dimana Periode Ulang Hujan (PUH) yang digunakan adalah 5 tahun untuk saluran drainase sekunder dan Periode Ulang Hujan (PUH) 10 tahun untuk saluran drainase primer. Berikut adalah contoh analisis debit rancangan pada Saluran Primer Urip Sumohardjo 1 (SP. US1):

- Debit banjir rancangan,  

$$Q_{\text{ranc}} = Q_1 + Q_2$$

$$= 8,67 + 0,000442$$

$$= 8,68 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Besarnya debit banjir rancangan di Kecamatan Panakkukang secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.38 berikut, secara lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran I-5.

**Tabel 5.37 Perhitungan Intensitas Hujan Rancangan di Kecamatan Panakkukang**

No.	Kode	Lokasi	A	S	L	Lo	v	To	Ts	Tc	I
	Saluran		km²	m/m	m	m	m/dt	menit	menit	jam	mm/jam
Saluran Primer											
1	SP. US1	Urip Sumohardjo 1	0,19	0,00023	2951,81	67,37	0,98	12,47	50,20	1,04	202,38
2	SP. US2	Urip Sumohardjo 2	0,18	0,00065	1954,83	43,50	1,71	6,02	19,05	0,42	205,19
3	SP. US3	Urip Sumohardjo 3	0,19	0,00028	2032,65	65,59	1,03	11,44	32,89	0,74	203,74
4	SP. US4	Urip Sumohardjo 4	0,16	0,00026	1639,16	71,95	0,84	12,59	32,52	0,75	203,68
5	SP. UR	Urip-Racing	0,09	0,00007	2871,72	79,30	0,45	22,26	106,36	2,14	197,63
6	SP. UP	Urip-PLTU	0,88	0,00031	1152,28	63,43	0,92	10,73	20,87	0,53	204,70
7	SP. ADS	Abd. Dg. Sirua	1,33	0,00015	3527,01	137,36	0,77	25,59	76,34	1,70	199,52
8	SP. PP	Pasar Pettarani	1,71	0,00050	1252,16	110,64	1,35	13,60	15,46	0,48	204,89
9	SP. SP	Sukaria-Pampang	8,05	0,00196	6891,19	189,13	2,16	12,17	53,17	1,09	202,18
Saluran Sekunder											
1	SS. PT1	Jl. Pettarani 1	0,09	0,00022	611,37	61,45	0,71	11,88	14,35	0,44	197,39
2	SS. PT2	Jl. Pettarani 2	0,81	0,00020	1392,57	67,88	0,87	13,40	26,68	0,67	196,29
3	SS. BV	Boulevard	0,11	0,00037	1200,49	34,97	0,92	6,28	21,75	0,47	197,25
4	SS. AY1	Adhyaksa 1	0,10	0,00039	689,24	48,34	1,12	7,93	10,26	0,30	198,04
5	SS. AY2	Adhyaksa 2	0,08	0,00063	463,54	33,93	1,25	5,01	6,18	0,19	198,60
6	SS. P1	Pengayoman 1	0,10	0,00040	1430,72	27,75	0,93	5,11	25,64	0,51	197,03
7	SS. P2	Pengayoman 2	0,21	0,00041	398,97	55,22	1,24	8,63	5,36	0,23	198,38
8	SS. TR	Toddopuli Raya	0,23	0,00051	577,67	42,37	1,48	6,47	6,51	0,22	198,46
9	SS. H1	Hertasning 1	0,14	0,00065	483,17	29,29	1,29	4,43	6,24	0,18	198,64
10	SS. H2	Hertasning 2	0,14	0,00043	612,19	48,66	1,23	7,69	8,30	0,27	198,21
11	SS. AB	Adhyaksa Baru	0,18	0,00074	375,16	63,64	1,49	7,66	4,20	0,20	198,55
12	SS. PR	Pandang Raya	0,14	0,00089	499,17	42,38	1,61	5,21	5,17	0,17	198,67
13	SS. DG	Jl. Dirgantara	0,09	0,00106	819,82	61,66	1,62	6,51	8,43	0,25	198,30
14	SS. TMP	Taman Makam Pahlawan	0,16	0,00072	649,98	44,50	1,45	5,88	7,47	0,22	198,43
15	SS. DL	Jl. Dr. Leimena	0,09	0,00021	380,13	46,45	0,76	9,75	8,34	0,30	198,04
16	SS. AR	Jl. Antang Raya	0,36	0,00079	1249,66	91,88	1,52	9,93	13,70	0,39	197,60
17	SS. BW	Jl. Billawayah	0,13	0,00037	846,27	54,23	1,05	8,89	13,43	0,37	197,70

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 5.38 Analisis Debit Banjir Rancangan di Kecamatan Panakkukang**

No.	Kode Saluran	Lokasi	A km <sup>2</sup>	I mm/jam	C	Cs	Ts menit	Tc menit	Q <sub>1</sub> m <sup>3</sup> /dt	Q <sub>2</sub> m <sup>3</sup> /dt	Fp	Q <sub>2</sub> x Fp m <sup>3</sup> /dt	Q m <sup>3</sup> /dt
<b>Saluran Primer</b>													
1	SP. US1	Urip Sumohardjo 1	0,19	202,38	0,81	-	50,20	1,04	8,67	0,000442	3,34	0,00147	8,68
2	SP. US2	Urip Sumohardjo 2	0,18	205,19	0,68	-	19,05	0,42	5,82	0,000418	3,34	0,00140	5,82
3	SP. US3	Urip Sumohardjo 3	0,19	203,74	0,78	-	32,89	0,74	7,91	0,000442	3,34	0,00147	7,91
4	SP. US4	Urip Sumohardjo 4	0,16	203,68	0,79	-	32,52	0,75	7,12	0,000372	3,34	0,00124	7,12
5	SP. UR	Urip-Racing	0,09	197,63	0,81	-	106,36	2,14	3,99	0,000209	3,34	0,00070	3,99
6	SP. UP	Urip-PLTU	0,88	204,70	0,71	0,05	20,87	0,53	1,70	0,002045	3,34	0,00683	1,70
7	SP. ADS	Abd. Dg. Sirua	1,33	199,52	0,73	0,04	76,34	1,70	2,31	0,003091	3,34	0,01032	2,31
8	SP. PP	Pasar Pettarani	1,71	204,89	0,80	0,06	15,46	0,48	4,62	0,003974	3,34	0,01327	4,62
9	SP. SP	Sukaria-Pampang	8,05	202,18	0,81	0,04	53,17	1,09	14,37	0,018709	3,34	0,06249	14,39
<b>Saluran Sekunder</b>													
1	SS. PT1	Jl. Pettarani 1	0,09	197,39	0,82	-	14,35	0,44	4,04	0,000209	3,34	0,00070	4,04
2	SS. PT2	Jl. Pettarani 2	0,81	196,29	0,81	0,05	26,68	0,67	1,70	0,001883	3,34	0,00629	1,70
3	SS. BV	Boulevard	0,11	197,25	0,81	-	21,75	0,47	4,88	0,000256	3,34	0,00085	4,88
4	SS. AY1	Adhyaksa 1	0,10	198,04	0,81	-	10,26	0,30	4,44	0,000232	3,34	0,00078	4,44
5	SS. AY2	Adhyaksa 2	0,08	198,60	0,81	-	6,18	0,19	3,58	0,000186	3,34	0,00062	3,58
6	SS. P1	Pengayoman 1	0,10	197,03	0,82	-	25,64	0,51	4,51	0,000232	3,34	0,00078	4,51
7	SS. P2	Pengayoman 2	0,21	198,38	0,82	-	5,36	0,23	9,66	0,000495	3,34	0,00165	9,66
8	SS. TR	Toddopuli Raya	0,23	198,46	0,83	-	6,51	0,22	10,54	0,000535	3,34	0,00179	10,54
9	SS. H1	Hertasning 1	0,14	198,64	0,82	-	6,24	0,18	6,37	0,000325	3,34	0,00109	6,37
10	SS. H2	Hertasning 2	0,14	198,21	0,79	-	8,30	0,27	5,93	0,000318	3,34	0,00106	5,93
11	SS. AB	Adhyaksa Baru	0,18	198,55	0,78	-	4,20	0,20	7,71	0,000416	3,34	0,00139	7,71
12	SS. PR	Pandang Raya	0,14	198,67	0,82	-	5,17	0,17	6,34	0,000325	3,34	0,00109	6,34
13	SS. DG	Jl. Dirgantara	0,09	198,30	0,81	-	8,43	0,25	3,97	0,000207	3,34	0,00069	3,97
14	SS. TMP	Taman Makam Pahlawan	0,16	198,43	0,73	-	7,47	0,22	6,32	0,000365	3,34	0,00122	6,32
15	SS. DL	Jl. Dr. Leimena	0,09	198,04	0,70	-	8,34	0,30	3,45	0,000209	3,34	0,00070	3,45
16	SS. AR	Jl. Antang Raya	0,36	197,60	0,81	-	13,70	0,39	16,22	0,000844	3,34	0,00282	16,22
17	SS. BW	Jl. Billawayah	0,13	197,70	0,72	-	13,43	0,37	4,97	0,000291	3,34	0,00097	4,97

Sumber: Hasil Analisis

## 5.2.7 Analisis Hidrolika

### 1. Analisis Kapasitas Saluran

Analisis kapasitas saluran untuk mengetahui berapa besar debit maksimum yang dapat ditampung oleh saluran dengan menggunakan persamaan manning. Contoh perhitungan kapasitas saluran eksisting adalah sebagai berikut:

#### a) Saluran Segiempat

Contoh perhitungan Saluran Sekunder Jl. Pettarani 1 (SS. PT1):

- Lebar dasar,  $b = 1,5 \text{ m}$
- Tinggi saluran,  $h = 2 \text{ m}$
- Kemiringan dasar saluran,  $S = 0,00022$
- Luas penampang basah,  $A = b \times h$   
$$= 1,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$$
- Keliling basah saluran,  $P = b + 2h$   
$$= 1,5 \text{ m} + (2 \times 2 \text{ m}) = 5,5 \text{ m}$$
- Jari-jari hidrolik,  $R = \frac{A}{P} = \frac{3 \text{ m}^2}{5,5 \text{ m}} = 0,55 \text{ m}$
- Koefisien manning,  $n = 0,012$
- Kecepatan aliran,  $v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$   
$$= \frac{1}{0,012} \times 0,55^{2/3} \times 0,00022^{1/2}$$
  
$$= 0,82 \text{ m/detik}$$
- Kapasitas saluran,  $Q_{sal} = v \times A$   
$$= 0,82 \text{ m/detik} \times 3 \text{ m}^2$$
  
$$= 2,47 \text{ m}^3/\text{detik}$$

#### b) Saluran trapesium

Contoh perhitungan Saluran Primer Urip Sumohardjo 1 (SP. US1):

- Lebar dasar,  $b = 2,5 \text{ m}$
- Tinggi saluran,  $h = 2 \text{ m}$
- Kemiringan dasar saluran,  $S = 0,00023$
- Kemiringan talud,  $m = 0,63$
- Luas penampang basah,  $A = h (b + m.h)$

$$= 2 \text{ m} \times (2,5 \text{ m} + 0,63 \times 2 \text{ m})$$

$$= 5,50 \text{ m}^2$$

- Keliling basah saluran,  $P = b + 2h \sqrt{1^2 + m^2}$ 

$$= 2,5 \text{ m} + (2 \times 2 \text{ m}) \sqrt{1^2 + 0,63^2}$$

$$= 6,53 \text{ m}$$
- Jari-jari hidrolik,  $R = \frac{A}{P} = \frac{5,50 \text{ m}^2}{6,53 \text{ m}} = 0,84 \text{ m}$
- Koefisien manning,  $n = 0,012$
- Kecepatan aliran,  $v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$ 

$$= \frac{1}{0,012} \times 0,84^{2/3} \times 0,00023^{1/2}$$

$$= 1,13 \text{ m/detik}$$
- Kapasitas saluran,  $Q_{sal} = v \times A$ 

$$= 1,13 \text{ m/detik} \times 5,50 \text{ m}^2$$

$$= 6,21 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Perhitungan kapasitas saluran drainase dengan adanya sedimen dan tanpa sedimen di Kecamatan Panakkukang secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.39 dan 5.40 berikut.

**Tabel 5.39 Analisis Kapasitas Saluran Dengan Sedimen di Kecamatan Panakkukang**

No.	Kode Saluran	Lokasi	L	Dimensi Saluran							V	S	m	n	A	P	R	Qsal.
				b	B	h <sub>sal</sub>	h <sub>air</sub>	h <sub>fb</sub>	hsedimen	hair maks.								
				m	m	m	m	m	m	m								
Saluran Primer																		
1	SP. US1	Urip Sumohardjo 1	2951,81	2,5	3	2	1,6	0,4	0,30	1,3	0,98	0,00023	0,13	0,012	3,46	5,12	0,68	3,39
2	SP. US2	Urip Sumohardjo 2	1954,83	2,1	3	2	1,7	0,3	0,12	1,6	1,71	0,00065	0,23	0,012	3,88	5,34	0,73	6,63
3	SP. US3	Urip Sumohardjo 3	2032,65	2,5	3	2	1,5	0,5	0,32	1,2	1,03	0,00028	0,13	0,012	3,12	4,88	0,64	3,22
4	SP. US4	Urip Sumohardjo 4	1639,16	2,3	3	2	1,4	0,6	0,24	1,2	0,84	0,00026	0,18	0,014	2,90	4,66	0,62	2,44
5	SP. UR	Urip-Racing	2871,72	2,4	3	2	1,5	0,5	0,30	1,2	0,45	0,00007	0,15	0,014	3,10	4,83	0,64	1,39
6	SP. UP	Urip-PLTU	1152,28	2,2	3	2	1,4	0,6	0,05	1,4	0,92	0,00031	0,08	0,014	3,11	4,91	0,63	2,86
7	SP. ADS	Abd. Dg. Sirua	3527,01	2,5	5	3	1,7	0,3	0,17	1,5	0,77	0,00015	0,42	0,014	4,80	5,82	0,83	3,70
8	SP. PP	Pasar Pettarani	1252,16	2,3	5	2,5	2,1	0,4	0,23	1,9	1,35	0,00050	0,54	0,016	6,19	6,55	0,94	8,36
9	SP. SP	Sukaria-Pampang	6891,19	6,2	7	5	4,1	0,9	0,40	3,7	2,16	0,00196	0,08	0,030	24,04	13,62	1,76	51,92
Saluran Sekunder																		
1	SS. PT1	Jl. Pettarani 1	611,37		1,5	2	1,8	0,2	0,20	1,60	0,71	0,00022	0	0,012	2,40	5,50	0,44	1,70
2	SS. PT2	Jl. Pettarani 2	1392,57		2,5	2,5	2	0,5	0,07	1,93	0,87	0,00020	0	0,012	4,83	7,50	0,64	4,20
3	SS. BV	Boulevard	1200,49		2	2	1,6	0,4	0,30	1,30	0,92	0,00037	0	0,012	2,60	6,00	0,43	2,39
4	SS. AY1	Adhyaksa 1	689,24		2	2	1,7	0,3	0,01	1,69	1,12	0,00039	0	0,012	3,38	6,00	0,56	3,79
5	SS. AY2	Adhyaksa 2	463,54		2	2	1,4	0,6	0,02	1,39	1,25	0,00063	0	0,012	2,77	6,00	0,46	3,46
6	SS. P1	Pengayoman 1	1430,72		2	2	1,5	0,5	0,25	1,25	0,93	0,00040	0	0,012	2,50	6,00	0,42	2,33
7	SS. P2	Pengayoman 2	398,97		2,5	2,5	2,1	0,4	0,20	1,90	1,24	0,00041	0	0,012	4,75	7,50	0,63	5,89
8	SS. TR	Toddopuli Raya	577,67		2,5	2,5	2,4	0,1	0,30	2,10	1,48	0,00051	0	0,012	5,25	7,50	0,70	7,77
9	SS. H1	Hertasning 1	483,17		2	2,5	1,8	0,7	0,14	1,66	1,29	0,00065	0	0,012	3,32	7,00	0,47	4,28
10	SS. H2	Hertasning 2	612,19		2,2	2	1,9	0,3	0,20	1,70	1,23	0,00043	0	0,012	3,74	6,20	0,60	4,60
11	SS. AB	Adhyaksa Baru	375,16		2,2	2,5	1,9	0,6	0,15	1,75	1,49	0,00074	0	0,012	3,85	7,20	0,53	5,74
12	SS. PR	Pandang Raya	499,17		2	2	1,8	0,5	0,08	1,72	1,61	0,00089	0	0,012	3,44	6,60	0,52	5,54
13	SS. DG	Jl. Dirgantara	819,82		2	1,7	1,3	0,4	0,05	1,25	1,62	0,00106	0	0,012	2,50	5,40	0,46	4,05
14	SS. TMP	Taman Makam Pahlawan	649,98		2	2,2	1,8	0,5	0,12	1,68	1,45	0,00072	0	0,012	3,36	6,40	0,53	4,87
15	SS. DL	Jl. Dr. Leimena	380,13		2	1,8	1,6	0,6	0,20	1,40	0,76	0,00021	0	0,012	2,80	5,60	0,50	2,13
16	SS. AR	Jl. Antang Raya	1249,66		2,5	3	2,1	0,9	0,31	1,79	1,52	0,00079	0	0,012	4,48	8,50	0,53	6,80
17	SS. BW	Jl. Billawayah	846,27		2	2	1,7	0,3	0,09	1,61	1,05	0,00037	0	0,012	3,22	6,00	0,54	3,38

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 5.40 Analisis Kapasitas Saluran Tanpa Sedimen di Kecamatan Panakkukang**

No.	Kode Saluran	Nama Saluran	L	Dimensi Saluran					m	n	S	A	P	R	V	Qsal.
				b	B	hsal	hair	h <sub>nb</sub>								
			m	m	m	m	m	m			m/m	m <sup>2</sup>	m	m	m/dt	m <sup>3</sup> /dt
Saluran Primer																
1	SP. US1	Urip Sumohardjo 1	2951,81	2,5	3	2	1,6	0,4	0,13	0,012	0,00023	5,50	6,53	0,84	1,13	6,21
2	SP. US2	Urip Sumohardjo 2	1954,83	2,1	3	2	1,7	0,3	0,23	0,012	0,00065	5,10	6,20	0,82	1,85	9,42
3	SP. US3	Urip Sumohardjo 3	2032,65	2,5	3	2	1,5	0,5	0,13	0,012	0,00028	5,50	6,53	0,84	1,23	6,77
4	SP. US4	Urip Sumohardjo 4	1639,16	2,3	3	2	1,4	0,6	0,18	0,014	0,00026	5,30	6,36	0,83	1,01	5,38
5	SP. UR	Urip-Racing	2871,72	2,4	3	2	1,5	0,5	0,15	0,014	0,00007	5,40	6,44	0,84	0,54	2,89
6	SP. UP	Urip-PLTU	1152,28	2,2	3	2	1,4	0,6	0,08	0,014	0,00031	4,70	6,21	0,76	1,03	4,83
7	SP. ADS	Abd. Dg. Sirua	3527,01	2,5	5	3	1,7	0,3	0,42	0,014	0,00015	11,25	9,00	1,25	1,02	11,52
8	SP. PP	Pasar Pettarani	1252,16	2,3	5	2,5	2,1	0,4	0,54	0,016	0,00050	9,13	7,98	1,14	1,54	14,05
9	SP. SP	Sukaria-Pampang	6891,19	6,2	7	5	4,1	0,9	0,08	0,030	0,00196	33,00	16,23	2,03	2,43	80,07
Saluran Sekunder																
1	SS. PT1	Jl. Pettarani 1	611,37		1,5	2	1,8	0,2	0	0,012	0,00022	3,00	5,50	0,55	0,82	2,47
2	SS. PT2	Jl. Pettarani 2	1392,57		2,5	2,5	2	0,5	0	0,012	0,00020	6,25	7,50	0,83	1,03	6,47
3	SS. BV	Boulevard	1200,49		2	2	1,6	0,4	0	0,012	0,00037	4,00	6,00	0,67	1,23	4,91
4	SS. AY1	Adhyaksa 1	689,24		2	2	1,7	0,3	0	0,012	0,00039	4,00	6,00	0,67	1,25	5,02
5	SS. AY2	Adhyaksa 2	463,54		2	2	1,4	0,6	0	0,012	0,00063	4,00	6,00	0,67	1,60	6,40
6	SS. P1	Pengayoman 1	1430,72		2	2	1,5	0,5	0	0,012	0,00040	3,40	5,40	0,63	1,23	4,17
7	SS. P2	Pengayoman 2	398,97		2,5	2,5	2,1	0,4	0	0,012	0,00041	6,25	7,50	0,83	1,49	9,31
8	SS. TR	Toddopuli Raya	577,67		2,5	2,5	2,4	0,1	0	0,012	0,00051	6,25	7,50	0,83	1,66	10,40
9	SS. H1	Hertasning 1	483,17		2	2,5	1,8	0,7	0	0,012	0,00065	5,00	7,00	0,71	1,70	8,49
10	SS. H2	Hertasning 2	612,19		2,2	2	1,9	0,3	0	0,012	0,00043	4,40	6,20	0,71	1,37	6,03
11	SS. AB	Adhyaksa Baru	375,16		2,2	2,5	1,9	0,6	0	0,012	0,00074	5,50	7,20	0,76	1,89	10,41
12	SS. PR	Pandang Raya	499,17		2	2	1,8	0,5	0	0,012	0,00089	4,00	6,00	0,67	1,90	7,59
13	SS. DG	Jl. Dirgantara	819,82		2	1,7	1,3	0,4	0	0,012	0,00106	3,40	5,40	0,63	1,99	6,77
14	SS. TMP	Taman Makam Pahlawan	649,98		2	2,2	1,8	0,5	0	0,012	0,00072	4,40	6,40	0,69	1,74	7,64
15	SS. DL	Jl. Dr. Leimena	380,13		2	1,8	1,6	0,6	0	0,012	0,00021	3,60	5,60	0,64	0,90	3,24
16	SS. AR	Jl. Antang Raya	1249,66		2,5	3	2,1	0,9	0	0,012	0,00079	7,50	8,50	0,88	2,15	16,11
17	SS. BW	Jl. Billawayah	846,27		2	2	1,7	0,3	0	0,012	0,00037	4,00	6,00	0,67	1,21	4,86

Sumber: Hasil Analisis

## 2. Evaluasi Kapasitas Saluran

Evaluasi kapasitas saluran drainase adalah menganalisa kapasitas saluran drainase eksisting dalam menampung debit banjir rancangan. Apabila saluran tidak mampu menampung debit banjir rancangan, maka akan terjadi genangan akibat kelebihan air limpasan. Genangan yang terjadi merupakan selisih antara debit banjir rancangan ( $Q_{ranc}$ ) dengan kapasitas saluran ( $Q_{sal}$ ). Apabila  $Q_{ranc} < Q_{sal}$  maka saluran aman terhadap genangan, sebaliknya jika  $Q_{ranc} > Q_{sal}$  maka saluran akan mengalami genangan.

Contoh perhitungan debit genangan untuk Saluran Sekunder Boulevard (SS.BV):

- Debit rancangan  $= 4,88 \text{ m}^3/\text{detik}$

- Debit saluran eksisting adanya sedimen  $= 2,39 \text{ m}^3/\text{detik}$

Sehingga,  $Q_{ranc} > Q_{sal} = 4,68 \text{ m}^3/\text{detik} > 2,39 \text{ m}^3/\text{detik} \rightarrow$  air di saluran tidak memenuhi.

- Debit rancangan  $= 4,88 \text{ m}^3/\text{detik}$

- Debit saluran eksisting tanpa sedimen  $= 6,21 \text{ m}^3/\text{detik}$

Sehingga,  $Q_{ranc} > Q_{sal} = 4,68 \text{ m}^3/\text{detik} < 6,21 \text{ m}^3/\text{detik} \rightarrow$  air di saluran memenuhi.

Sesuai dengan hasil analisis evaluasi kapasitas saluran eksisting dengan sedimen dan tanpa sedimen dan debit rancangan, maka perhitungan evaluasi saluran eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.41 secara lengkap.



**Tabel 5.41 Rekapitulasi Evaluasi Kapasitas Saluran di Kecamatan Panakkukang**

No	Kode	Lokasi	Qranc	Qsal	Qgenangan	Syarat	Qsal	Qgenangan	Syarat	Luas Genangan	Tinggi Genangan	Lama Genangan
	Saluran			Dengan sedimen	Dengan Sedimen	Qsal > Qranc	Tanpa Sedimen	Tanpa Sedimen	Qsal > Qranc			
			m <sup>3</sup> /dt	m <sup>3</sup> /dt	m <sup>3</sup> /dt		m <sup>3</sup> /dt	m <sup>3</sup> /dt		m <sup>2</sup>	m	Jam
<b>Saluran Primer</b>												
1	SP. US1	Urip Sumohardjo 1	8,68	3,39	5,28	Tidak memenuhi	6,21	2,46	Tidak memenuhi	172.372	0,35-0,40	4
2	SP. US2	Urip Sumohardjo 2	5,82	6,63	-0,81	Memenuhi	9,42	-3,60	Memenuhi	-	-	-
3	SP. US3	Urip Sumohardjo 3	7,91	3,22	4,69	Tidak memenuhi	6,77	1,14	Tidak memenuhi	191.259	0,40-0,50	3
4	SP. US4	Urip Sumohardjo 4	7,12	2,44	4,68	Tidak memenuhi	5,38	1,75	Tidak memenuhi	93.471	0,35-0,40	3
5	SP. UR	Urip-Racing	3,99	1,39	2,59	Tidak memenuhi	2,89	1,09	Tidak memenuhi	105.965	0,40-0,50	6
6	SP. UP	Urip-PLTU	1,70	2,86	-1,15	Memenuhi	4,83	-3,13	Memenuhi	-	-	-
7	SP. ADS	Abd. Dg. Sirua	2,31	3,70	-1,39	Memenuhi	11,52	-9,21	Memenuhi	-	-	-
8	SP. PP	Pasar Pettarani	4,62	8,36	-3,73	Memenuhi	14,05	-9,43	Memenuhi	-	-	-
9	SP. SP	Sukaria-Pampang	14,39	51,92	-37,53	Memenuhi	80,07	-65,68	Memenuhi	-	-	-
<b>Saluran Sekunder</b>												
1	SS. PT1	Jl. Pettarani 1	4,04	1,70	2,33	Tidak memenuhi	2,47	1,56	Tidak memenuhi	54.545	0,15-0,20	2
2	SS. PT2	Jl. Pettarani 2	1,70	4,20	-2,50	Memenuhi	6,47	-4,77	Memenuhi	-	-	-
3	SS. BV	Boulevard	4,88	2,39	2,49	Tidak memenuhi	4,91	-0,03	Memenuhi	-	-	-
4	SS. AY1	Adhyaksa 1	4,44	3,79	0,65	Tidak memenuhi	5,02	-0,58	Memenuhi	-	-	-
5	SS. AY2	Adhyaksa 2	3,58	3,46	0,11	Tidak memenuhi	6,40	-2,82	Memenuhi	-	-	-
6	SS. P1	Pengayoman 1	4,51	2,33	2,18	Tidak Memenuhi	4,17	0,34	Tidak memenuhi	86.407	0,20-0,25	2
7	SS. P2	Pengayoman 2	9,66	5,89	3,77	Tidak Memenuhi	9,31	0,35	Tidak memenuhi	77.212	0,15-0,20	2
8	SS. TR	Toddopuli Raya	10,54	7,77	2,77	Tidak memenuhi	10,40	0,14	Tidak memenuhi	60.543	0,15-0,20	3
9	SS. H1	Hertasning 1	6,37	4,28	2,09	Tidak memenuhi	8,49	-2,12	Memenuhi	-	-	-
10	SS. H2	Hertasning 2	5,93	4,60	1,33	Tidak memenuhi	6,03	-0,11	Memenuhi	-	-	-
11	SS. AB	Adhyaksa Baru	7,71	5,74	1,97	Tidak memenuhi	10,41	-2,70	Memenuhi	-	-	-
12	SS. PR	Pandang Raya	6,34	5,54	0,80	Tidak memenuhi	7,59	-1,25	Memenuhi	-	-	-
13	SS. DG	Jl. Dirgantara	3,97	4,05	-0,08	Memenuhi	6,77	-2,80	Memenuhi	-	-	-
14	SS. TMP	Taman Makam Pahlawan	6,32	4,87	1,44	Tidak memenuhi	7,64	-1,33	Memenuhi	-	-	-
15	SS. DL	Jl. Dr. Leimena	3,45	2,13	1,32	Tidak memenuhi	3,24	0,21	Tidak memenuhi	41.767	0,20-0,25	3
16	SS. AR	Jl. Antang Raya	16,22	6,80	9,42	Tidak memenuhi	16,11	0,11	Tidak memenuhi	111.555	0,35-0,40	4
17	SS. BW	Jl. Billawayah	4,97	3,38	1,59	Tidak memenuhi	4,86	0,11	Tidak memenuhi	63.215	0,15-0,20	2

Sumber: Hasil Analis

### 5.3 Aspek Lingkungan

Berdasarkan hasil analisis aspek teknis yang telah dianalisis diatas, rekomendasi yang diusulkan untuk menangani genangan akibat kapasitas daya tampung yang tidak mencukupi adalah dengan pembuatan sumur resapan.

#### 5.3.1 Sumur Resapan

Sesuai dengan konsep awal sumur resapan yaitu sebagai pengganti tanah resapan air hujan yang mengalami perkerasan yang menyebabkan air hujan yang jatuh tidak dapat langsung meresap ke dalam tanah. Untuk mereduksi genangan yang terjadi di sekitar saluran drainase, maka sumur resapan dibangun di sekitar saluran drainase di wilayah yang masih termasuk dalam daerah tangkapan air saluran tersebut.

Konstruksi sumur resapan terdiri dari dua bagian yaitu bagian penampungan air dan bagian media penyaring yang terdiri dari batu kosong. Tebal lapisan pada media penyaring tersebut adalah 40 cm. Sedangkan dinding sumur resapan tersebut direncanakan terbuat dari pasangan batu bata yang tidak diplester untuk memudahkan air dapat meresap ke dalam tanah. Bentuk muka sumur resapan berbentuk segiempat. Untuk mengurangi sedimen yang ikut terbawa air hujan yang melimpas, maka dibangun bak control untuk mengendapkan sedimen.

Kedalaman air di sumur resapan direncanakan 560 cm dengan diameter 1,4 m. Pada sisi sumur resapan diberi lapisan batu koral dan ijuk yang berfungsi sebagai penyaring agar air yang meresap ke dalam tanah mempunyai kualitas yang lebih baik. Untuk saluran inlet maupun outlet ke saluran pembuang memakai pipa PVC Ø4''. Sedangkan di atas sumur diberi tutup yang terbuat dari plat beton setebal 15 cm.

Kedalaman sumur resapan ( $H_{sr}$ ) adalah tinggi air di sumur ( $H$ ) ditambahkan media penyaring ( $t$ ).

$$H_{sr} = H + t$$

Untuk analisis sumur resapan adalah:

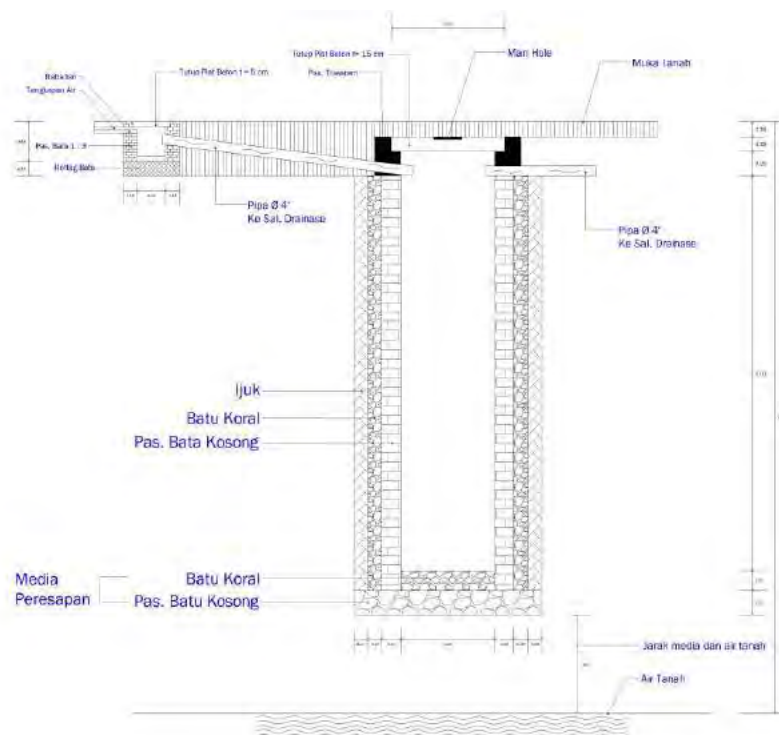
- Kedalaman air di sumur = 560 cm
- Tebal media peresapan = 40 cm

- Kedalaman sumur resapan = 600 cm

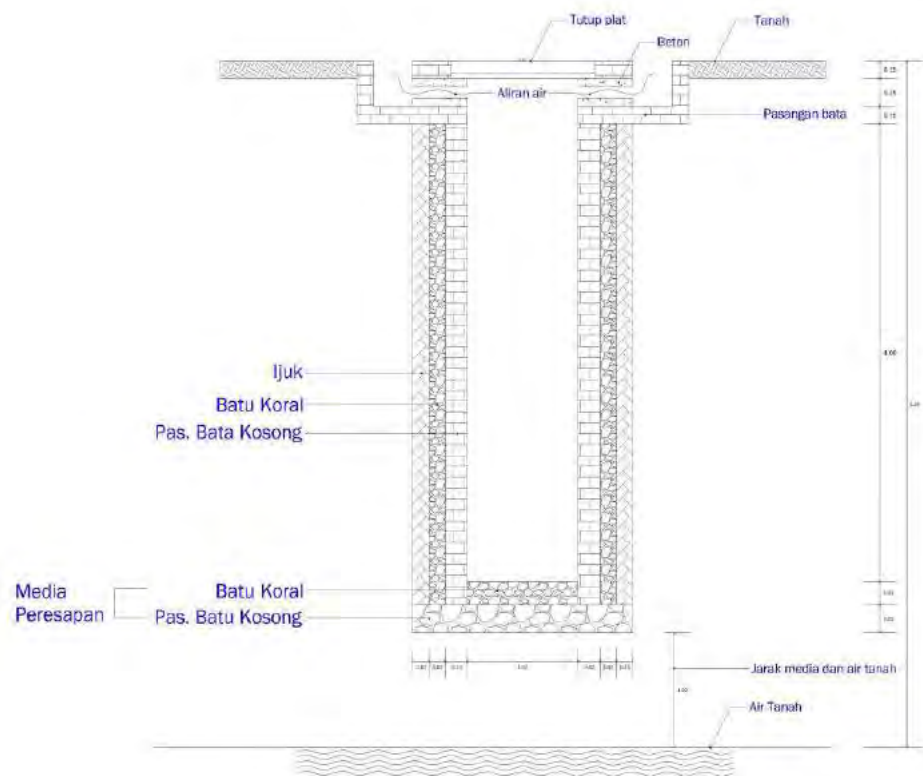
Contoh Analisis:

Saluran Primer Urip Sumohardjo 1 (SP.US1) :

- Besarnya debit rancangan ( $Q_{ranc}$ ) = 13,61 m<sup>3</sup>/detik dan debit genangan yang terjadi ( $Q_{genangan}$ ) = 1,04 m<sup>3</sup>/detik
- Dimensi sumur resapan:
  - Diameter sumur (d) = 1,4 m
  - Kedalaman air di sumur (H) = 6 m
  - Koefisien permeabilitas tanah (k) = 0,00015 m/dtk
  - Durasi hujan = 2 jam = 7200 detik
  - Faktor geometri (F) = 5,5 R = 5,5 x 0,7 = 3,85 m
  - $Q = \frac{H.F.k}{\left(1 - e^{-\frac{F.K.T}{\pi.R^2}}\right)} = \frac{6 \times 3,85 \times 0,00015}{\left(1 - e^{-\frac{3,85 \times 0,00015 \times 7200}{3,14 \times 0,7^2}}\right)} = 0,0037 \text{ m}^3/\text{dt}$
  - Jumlah sumur resapan = 665 buah
  - Kapasitas maksimum di saluran = 2,47 m<sup>3</sup>/dt



**Gambar 5.13** Desain Sumur Resapan untuk Permukiman di Kecamatan Panakkukang



**Gambar 5.14** Desain Sumur Resapan untuk Jalan/Taman di Kecamatan Panakkukang

Berdasarkan hasil analisis penanganan genangan dengan penerapan sumur resapan di Kecamatan Panakkukang mampu meresapkan 100% dengan total jumlah sumur resapan sebanyak 2.512 buah dengan total jumlah genangan tereduksi 9,33 m<sup>3</sup>/dt. Analisis jumlah sumur resapan di Kecamatan Panakkukang dapat dilihat pada Tabel 5.42.

Rencana lokasi sumur resapan di Kecamatan Panakkukang yaitu pada titik daerah yang mengalami genangan dan akan diletakkan di sekitar saluran primer maupun sekunder atau di bahu jalan yang mempunyai elevasi lebih rendah untuk mengalirkan air ke tempat yang lebih rendah apabila sumur resapan telah melebihi kapasitas maksimum. Kecamatan Panakkukang tidak memiliki peraturan daerah untuk membuat sumur resapan di setiap rumah. Tetapi rencana tata ruang wilayah 2015-2030, khusus permukiman baru wajib membuat sumur resapan pada masing-masing rumah.

**Tabel 5.42 Analisis Jumlah Sumur Resapan di Kecamatan Panakkukang**

No.	Kode	Lokasi	H <sub>sumur</sub>	K	F	Q <sub>sumur</sub>	Q <sub>genangan</sub> Tanpa Sedimen	Jumlah Sumur	Kap. Max
	Saluran		m	m/dt	m	m <sup>3</sup> /dt	m <sup>3</sup> /dt		m <sup>3</sup> /dt
Saluran Primer									
1	SP. US1	Urip Sumohardjo 1	6	0,00015	3,85	0,0037	2,46	665	2,47
2	SP. US3	Urip Sumohardjo 3	6	0,00015	3,85	0,0037	1,14	308	1,15
3	SP. US4	Urip Sumohardjo 4	6	0,00015	3,85	0,0037	1,75	472	1,75
4	SP. UR	Urip-Racing	6	0,00015	3,85	0,0037	1,09	297	1,10
Saluran Sekunder									
1	SS. PT1	Jl. Pettarani 1	6	0,00015	3,85	0,0037	1,56	423	1,57
2	SS. P1	Pengayoman 1	6	0,00015	3,85	0,0037	0,34	93	0,35
3	SS. P2	Pengayoman 2	6	0,00015	3,85	0,0037	0,35	96	0,36
4	SS. TR	Toddopuli Raya	6	0,00015	3,85	0,0037	0,14	40	0,15
5	SS. DL	Jl. Dr. Leimena	6	0,00015	3,85	0,0037	0,21	59	0,22
6	SS. AR	Jl. Antang Raya	6	0,00015	3,85	0,0037	0,11	29	0,11
7	SS. BW	Jl. Billawayah	6	0,00015	3,85	0,0037	0,11	30	0,11

Sumber: Hasil Analisis

## 5.4 Aspek Ekonomi

Analisis aspek ekonomi diperlukan untuk mengetahui besarnya biaya pada suatu perencanaan pembangunan. Dari hasil perhitungan yang dilakukan pada alternatif penanganan drainase yaitu dengan sumur resapan, didapat rencana anggaran biaya (RAB) untuk sumur resapan sebagai berikut:

### 5.4.1 Rencana Anggaran Biaya Sumur Resapan

Aspek ekonomi akan membahas tentang biaya pembuatan sumur resapan per unit. Harga satuan yang digunakan merupakan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Makassar. Perhitungan biaya satu unit sumur resapan untuk permukiman dan jalan raya/taman dapat dilihat pada Tabel 5.43 dan Tabel 5.44 berikut:

**Tabel 5.43 Rencana Anggaran Biaya Sumur Resapan untuk Permukiman**

No	PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HRG SATUAN	JUMLAH
<b>1</b>	<b>Persiapan</b>				
1.1	Pembersihan Lapangan	10.00	m2	12,000.00	120,000.00
1.2	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	1.00	m'	81,000.00	81,000.00
<b>2</b>	<b>Pekerjaan Tanah</b>				
2.1	Galian Tanah Sumur	15.64	m3	54,720.00	855,820.80
2.2	Galian Saluran Air Hujan	0.36	m3	54,720.00	19,699.20
2.3	Urugan Tanah Kembali	0.89	m3	23,760.00	21,146.40
<b>3</b>	<b>Pekerjaan Sumur Resapan</b>				
A	Pasangan Batu Merah 1/2 Bata 1:4	17.80	m2	102,600.00	1,826,280.00
B	Pasangan Batu Kosong	0.91	m3	382,515.00	348,088.65
B	Plat Beton ul 1.05 x 1.05 x 0.1m	1.00	Unit	571,765.32	571,765.32
B	Pemasangan Buis Beton	6.00	buah	481,000.00	2,886,000.00
B	Timbunan Kerikil	1.80	m3	235,200.00	423,360.00
B	Plesteran 1:4 t=1.5cm	3.07	m2	45,963.00	141,106.41
B	Pemasangan Ijuk	1.81	m2	550,800.00	996,948.00
<b>4</b>	<b>Pekerjaan Perpipaan</b>				
A	Pengadaan dan Pemasangan Pipa PVC 4"	8.00	m	122,587.50	980,700.00
				<b>TOTAL</b>	<b>9,271,914.78</b>
				<b>PPn 10%</b>	<b>927,191.48</b>
				<b>Total</b>	<b>10,199,106.26</b>
				<b>Pembulatan</b>	<b>10,199,000.00</b>

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 5.44 Rencana Anggaran Biaya Sumur Resapan untuk Jalan  
Raya/Taman**

No	PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HRG SATUAN	JUMLAH
<b>1</b>	<b>Persiapan</b>				
1.1	Pembersihan	6.76	m2	12,000.00	81,120.00
<b>2</b>	<b>Pekerjaan Tanah</b>				
2.1	Galian Tanah	15.64	m3	54,720.00	855,820.80
2.2	Urugan Tanah Kembali	0.94	m3	23,760.00	22,296.38
<b>3</b>	<b>Pekerjaan Sumur Resapan</b>				
3.1	Pasangan Batu Merah 1/2 Bata 1:4	20.88	m2	102,600.00	2,142,390.60
3.2	Pasangan Batu Kosong	0.73	m3	382,515.00	277,453.43
3.3	Tutup Plat Beton	1.00	Unit	1,206,399.29	1,206,399.29
3.4	Batu koral	3.30	m3	250,000.00	824,250.00
3.5	Plesteran 1:4 t=1.5cm	20.88	m2	45,963.00	959,753.40
3.6	Pemasangan Ijuk	17.14	m2	550,800.00	9,443,135.52
				<b>TOTAL</b>	<b>15,812,619.42</b>
				<b>PPn 10%</b>	<b>1,581,261.94</b>
				<b>Total</b>	<b>17,393,881.36</b>
				<b>Pembulatan</b>	<b>17,393,000.00</b>

Sumber: Hasil Analisis

#### 5.4.2 Perhitungan Kerugian Akibat Genangan

Besarnya kerugian akibat banjir dihitung menurut pedoman pengendalian banjir (Anonim, volume II DPU) yang terdiri dari:

1. Kerugian fisik langsung
2. Kerusakan tidak langsung atas komersial
3. Kerusakan tidak nyata non pasar
4. Perluasan dan pengembangan tanah di masa yang akan datang

Jumlah akibat kerugian banjir merupakan perjumlahan total nilai 1,2,3,4.

Contoh perhitungan:

Jl. Urip Sumohardjo 1

Luas daerah genangan = 16,23 ha  
Tinggi genangan = ± 0,35 m  
Lama genangan = ± 4 jam

Jumlah penduduk kena genangan	= ± 715	
Kepadatan penduduk	= 44,06 jiwa/Ha	
Jumlah rumah kena genangan	= ± 179 unit	
Prasarana terkena banjir	= ± 9.564 m	
Pendapatan penduduk	= ± Rp. 500.000,00/bulan	(BPS,

2014)

Perhitungan kerugian akibat banjir:

1. Kerusakan fisik langsung

a. Permukiman

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. 1 juta} \times \text{tinggi genangan} \times \text{jumlah rumah tergenang} \\
 &= \text{Rp. 1.000.000} \times 0,35 \times 179 = \text{Rp. 56.176.500,-}
 \end{aligned}$$

b. Prasarana

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. 36 ribu} \times \text{tinggi genangan} \times \text{panjang prasarana} \\
 &= \text{Rp. 36.000} \times 0,3 \times 10.564 = \text{Rp. 114.091.200,-}
 \end{aligned}$$

2. Kerusakan tidak langsung atas komersial

$$\begin{aligned}
 &= 0,15 \times \text{kerusakan permukiman} + 0,1 \times \text{kerusakan prasarana} \\
 &= 0,15 \times 56.176.500 + 0,1 \times 114.091.200 = \text{Rp. 19.835.595,-}
 \end{aligned}$$

3. Kerusakan tidak nyata non pasar

$$\begin{aligned}
 &= 0,05 \times \text{jumlah penduduk kena genangan} \times \text{pendapatan perkapita} \\
 &= 0,05 \times 749 \times 500.000 = \text{Rp. 18.725.500,-}
 \end{aligned}$$

4. Perluasan dan pengembangan tanah di masa yang akan datang

$$\begin{aligned}
 &= 0,01 \times 1,5 \times \text{jumlah penduduk kena genangan} \times \text{pendapatan perkapita} \\
 &= 0,01 \times 1,5 \times 749 \times 500.000 = \text{Rp. 5.617.650,-}
 \end{aligned}$$

5. Besarnya kerugian akibat genangan

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. 56.176.500,-} + \text{Rp. 114.091.200,-} + \text{Rp. 19.835.595,-} + \\
 &\quad \text{Rp. 18.725.500,-} + \text{Rp. 5.617.650,-} \\
 &= \text{Rp. 214.446.445,-}
 \end{aligned}$$



Disamping kerugian yang dapat dihitung, juga terdapat kerugian yang tidak dapat dihitung (*Intangible cost*) akibat genangan seperti:

- Waktu yang terbuang untuk membersihkan rumah dan halaman
- Tidak dapat bekerja
- Kerusakan pada kendaraan pribadi
- Gangguan lalu lintas (macet)
- Biaya transportasi akibat macet
- Kerusakan bangunan
- Kerusakan vegetasi
- Estetika lingkungan tidak nyaman dilihat
- Gangguan kesehatan
- Biaya pengobatan

**Tabel 5.45 Perhitungan Kerugian Akibat Banjir Pada Kecamatan Panakkukang**

No.	Lokasi	Data Genangan			Data penduduk daerah genangan				Prasarana Terkena Banjir (m)	Kerugian Akibat Banjir					
		Luas ha	Tinggi m	Lama Jam	Kepadatan Jiwa/ha	Rumah Unit	Penduduk Orang	Pendapatan Rp/bln		Permukiman Rp	Prasarana Rp	Non Fisik Rp	Non Pasar Rp	Masa akan datang Rp	Jumlah Rp
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Urip Sumohardjo 1	16,23	0,35	4	44,06	179	715	500.000	9.564	62.570.708	120.506.400	21.436.246	17.877.345	5.363.204	227.753.902
2	Urip Sumohardjo 3	17,12	0,40	3	158,36	678	2.711	500.000	12.323	271.112.320	177.451.200	58.411.968	67.778.080	20.333.424	595.086.992
3	Urip Sumohardjo 4	7,47	0,35	3	11.,07	21	83	500.000	3.342	7.235.629	42.109.200	5.296.264	2.067.323	620.197	57.328.612
4	Urip-Racing	8,59	0,45	5	105.,6	227	907	500.000	3.970	102.010.545	64.314.000	21.732.982	22.669.010	6.800.703	217.527.240
5	Jl. Pettarani 1	4,45	0,15	2	44,06	49	196	500.000	1.142	7.352.513	6.166.800	1.719.557	4.901.675	1.470.503	21.611.047
6	Pengayoman 1	7,64	0,20	2	110,15	210	842	500.000	3.546	42.077.300	25.531.200	8.864.715	21.038.650	6.311.595	103.823.460
7	Pengayoman 2	6,72	0,15	2	110,15	185	740	500.000	3.980	27.757.800	21.492.000	6.312.870	18.505.200	5.551.560	79.619.430
8	Toddopuli Raya	5,05	0,15	3	107,93	136	545	500.000	3.566	20.439.244	19.256.400	4.991.527	13.626.163	4.087.849	62.401.182
9	Jl. Dr. Leimena	3,17	0,20	3	82,81	66	263	500.000	784	13.125.385	5.644.800	2.533.288	6.562.693	1.968.808	29.834.973
10	Jl. Antang Raya	9,15	0,35	4	107,93	247	988	500.000	4.126	86.411.456	51.987.600	18.160.478	24.688.988	7.406.696	188.655.218
11	Jl. Billawayah	5,32	0,15	2	108,25	144	576	500.000	987	21.595.875	5.329.800	3.772.361	14.397.250	4.319.175	49.414.461
<b>Jumlah</b>		<b>90,91</b>				<b>1.997</b>	<b>7.989</b>		<b>47.330</b>	<b>661.688.774</b>	<b>539.789.400</b>	<b>153.232.256</b>	<b>214.112.375</b>	<b>64.233.713</b>	<b>1.633.056.517</b>

Sumber: Hasil Analisis

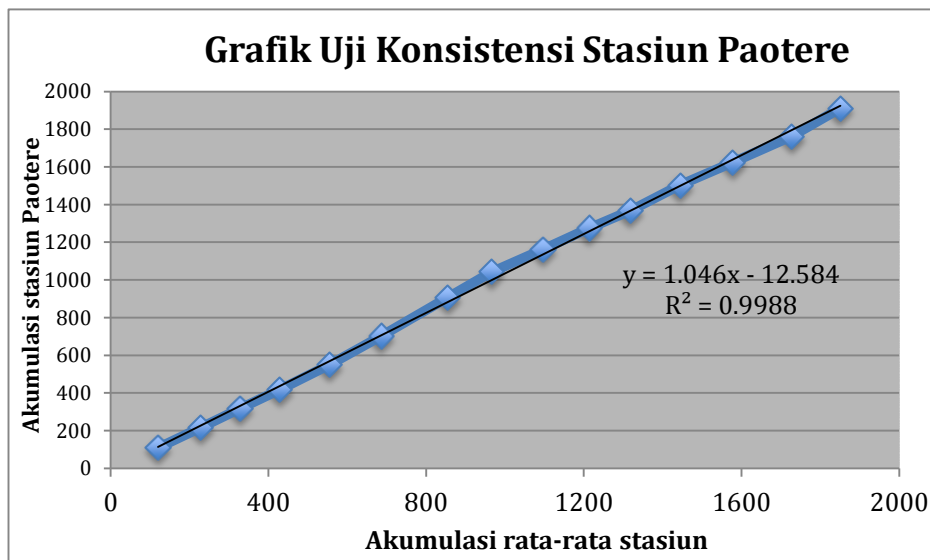
# **LAMPIRAN I**

- Uji Konsistensi
- Analisis Curah Hujan Rerata Maksimum Daerah
  - Uji Homogenitas
  - Koefisien Pengaliran Saluran Sekunder
    - Dokumentasi
    - Desain Sumur Resapan
  - Profil Memanjang Saluran

**Tabel I-1** Uji Konsistensi Stasiun Hujan Paotere

No.	Tahun	Stasiun Penakar Curah Hujan			Rata-Rata	Akumulasi
		Paotere	Akumulasi	Tamangapa Kassi	Stasiun	Rata-rata
		(mm)	Stasiun	(mm)	(mm)	Stasiun
a	b	c	d	e	f	g
1	2001	110	110	130	120	120
2	2002	107	217	110	109	229
3	2003	100	317	98	99	328
4	2004	100	417	101	101	428
5	2005	133	550	120	127	555
6	2006	153	703	111	132	687
7	2007	204	907	132	168	855
8	2008	135	1042	88	112	966
9	2009	120	1162	141	130	1097
10	2010	113	1275	121	117	1214
11	2011	93	1368	116	105	1318
12	2012	136	1504	117	126	1445
13	2013	120	1624	147	134	1578
14	2014	138	1762	160	149	1727
15	2015	149	1911	99	124	1851

Sumber: Hasil Analisis



**Gambar II-1.1** Grafik Uji Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Paotere

Data hujan di Stasiun Hujan Paotere tidak mengalami penyimpangan karena nilai  $R^2 = 0,9987$ , dengan batas nilai  $R^2 = 0,8 < R^2 < 1$ .

**Tabel I-2.** Analisis Curah Hujan Rerata Daerah Metode Aljabar

No.	Tahun	Tamangapa Kassi	Paotere	Rata-Rata	Ri (Urut)
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	
1	2001	130	110	120	99
2	2002	110	107	109	101
3	2003	98	100	99	105
4	2004	101	100	101	109
5	2005	120	133	127	112
6	2006	111	153	132	117
7	2007	132	204	168	120
8	2008	88	135	112	124
9	2009	141	120	130	126
10	2010	121	113	117	127
11	2011	116	93	105	130
12	2012	117	136	126	132
13	2013	147	120	134	134
14	2014	160	138	149	149
15	2015	99	149	124	168
<b>Jumlah</b>		1791	1911	1851	1851
<b>Curah Hujan Rata-rata</b>		119	127	123	123

**Tabel I-3** Uji Homogenitas Stasiun Hujan Paotere

<i>Rank</i>	<i>Ri</i>	<i>(Ri-R)</i>	<i>(Ri-R)<sup>2</sup></i>
1	110	-17.4	303.0
2	107	-20.4	416.4
3	100	-27.4	751.1
4	100	-27.3	746.7
5	133	5.6	31.3
6	153	25.5	649.4
7	204	76.6	5860.5
8	135	7.7	59.2
9	120	-7.5	56.5
10	113	-14.4	207.5
11	93	-34.2	1168.7
12	136	8.5	72.0
13	120	-7.3	52.8
14	138	10.5	110.5
15	149	21.6	466.3
<b>Jumlah</b>	1911		10951.9
<b>Rata2</b>	127.41		730.1

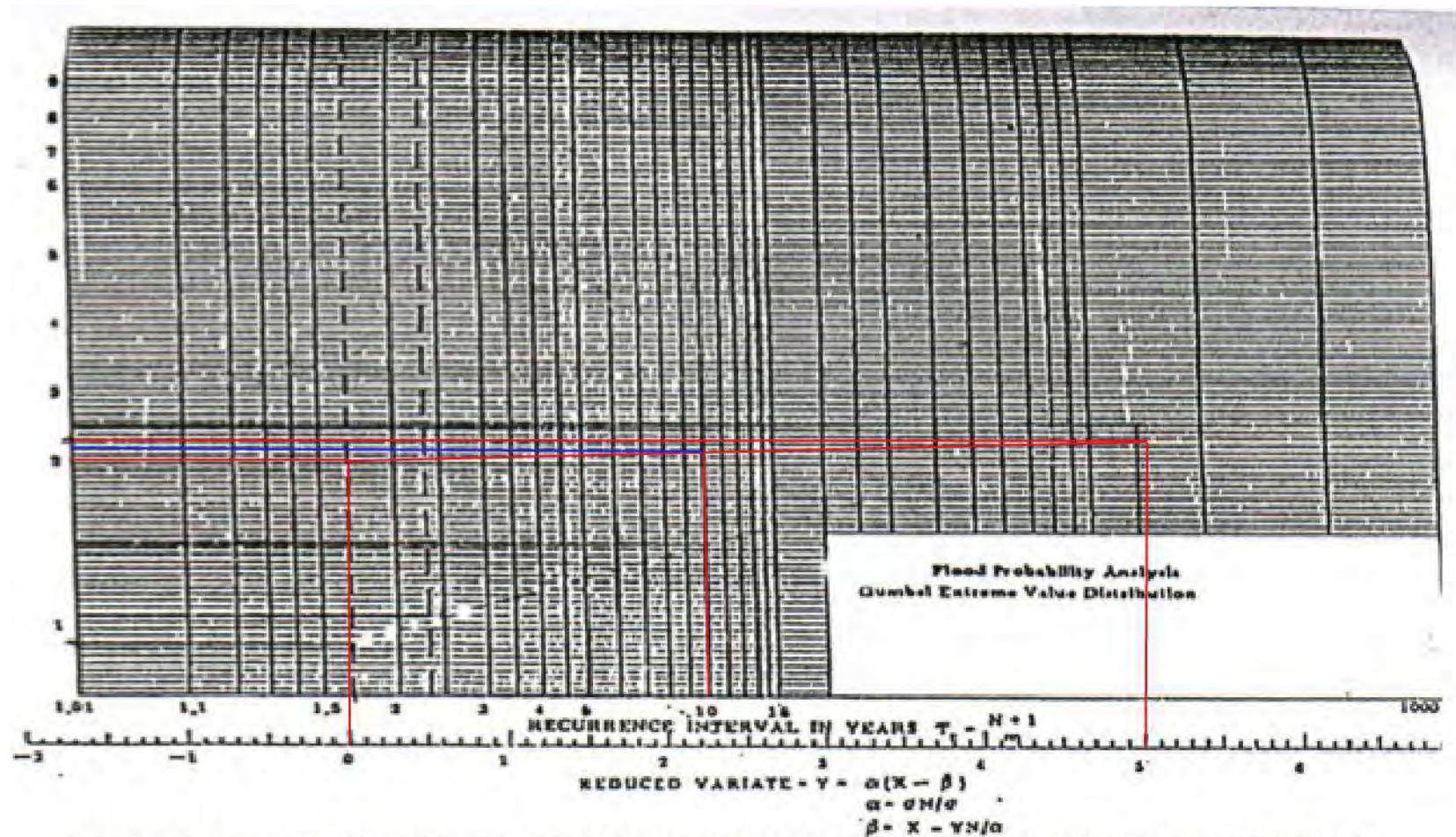
Sumber: Hasil Analisis

- a. Perhitungan Curah hujan rata-rata (R)

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{\Sigma \text{curah hujan}}{\Sigma \text{data } (n)} \\
 &= \frac{1911}{15} = 127,41 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan Standar Deviasi (Sx)

$$\begin{aligned}
 Sx &= \sqrt{\frac{\Sigma (Ri-R)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\left[\frac{10951,9}{15-1}\right]} = 27,97
 \end{aligned}$$



**LAMPIRAN . PROPABILITY ANALYSIS GUMBEL EXTREME VALUE DISTRIBUTION**

Kertas Peluang Distribusi Gumbel Untuk Stasiun Hujan Paotere

c. Perhitungan Homogenitas Data

Diketahui jumlah data sebanyak 15 tahun ( $n=15$ ), maka diperoleh:

$$Y_n = 0,5128 \text{ (diperoleh dari Tabel 5.4)}$$

$$S_n = 1,0206 \text{ (diperoleh dari Tabel 5.4)}$$

$$\bullet \quad \frac{1}{\alpha} = \frac{Sx}{Sn} = \frac{27,97}{1,0206} = 27,40$$

$$\bullet \quad \mu = R - \left(\frac{1}{\alpha} \times Y_n\right)$$

$$\mu = 127,41 - (27,40 \times 0,5128) = 113,35$$

Persamaan Regresinya adalah:

$$R = \mu + \left(\frac{1}{\alpha} \times Y\right)$$

$$R = 113,35 + 27,40 Y$$

$$\text{Untuk } Y_0 = 0, R_0 = 113,35, \text{ Log } R_0 = 2,05$$

$$Y_5 = 5, R_5 = 250,38, \text{ Log } R_5 = 2,40$$

Log  $R_1$  dan  $R_2$  diplotkan di Gumbel Propability Paper, maka diperoleh:

$$R_{10} = 204,17$$

$$Tr_{10} = 2,31$$

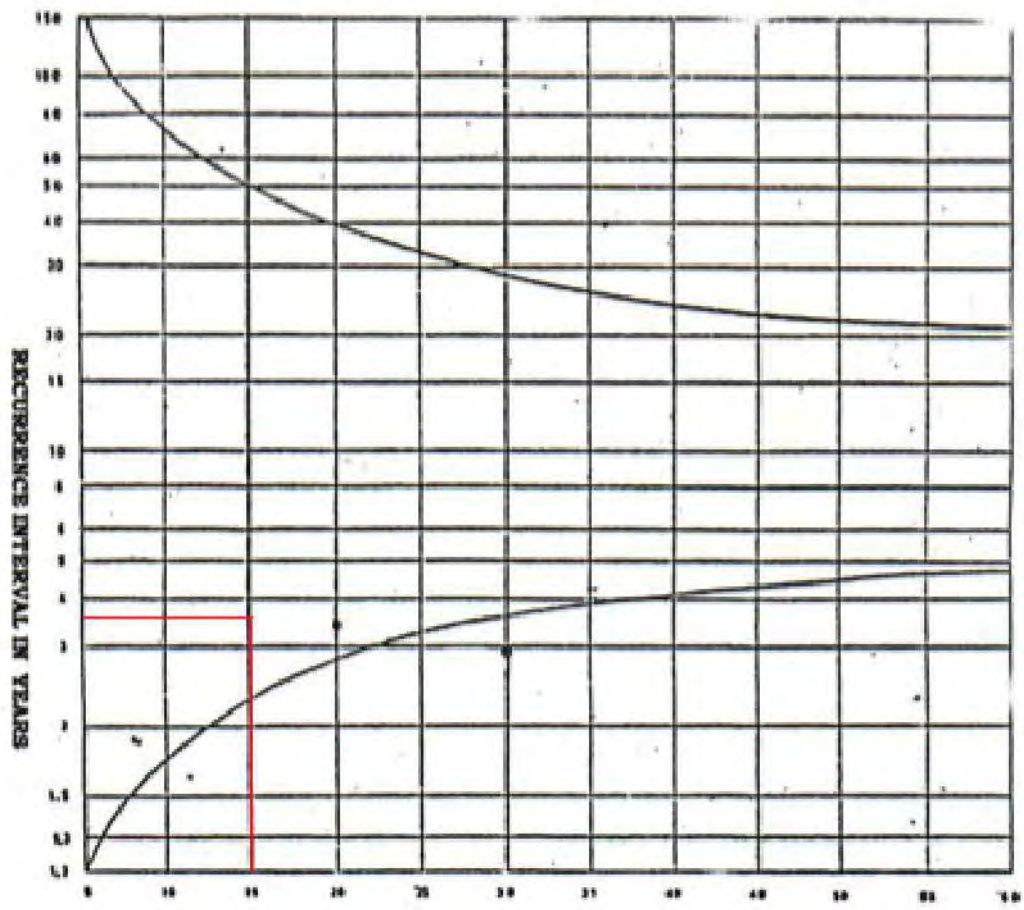
- Titik Homogenitas

$$\text{Ordinat TR} = \frac{R_{10}}{R} \times T, = \frac{204,17}{127,41} \times 2,31 = 3,70$$

$$\text{Absis (n)} = 15$$

Didapatkan titik homogenitas  $(n, TR) = (15; 3,70)$ . Kemudian diplot pada grafik homogenitas. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa data hujan tersebut homogen.





HOMOGENEITY TEST GRAPH

**Tabel I-4** Koefisien Pengaliran Saluran Sekunder di Kecamatan Panakkukang

No.	Nama	Penggunaan	Koefisien	Luas (A)	Koef. C x A
	Saluran	Lahan	Pengaliran	ha	
1	Saluran Jl. Pettarani 1	Lahan Kosong	0,30	0,005	0,002
		Permukiman dan Perkotaan	0,70	2,68	1,88
		Perdagangan dan jasa	0,80	2,33	1,86
		Jalan Beraspal	0,90	4,41	3,97
	Total Luas			9	7,71
Koefisien Pengaliran Rancangan				0,82	
2	Saluran Jl. Pettarani 2	Permukiman dan Perkotaan	0,70	24,32	17,02
		Perdagangan dan jasa	0,80	20,32	16,26
		Pendidikan	0,80	7,70	6,16
		Jalan Beraspal	0,90	28,98	26,08
	Total Luas			81	65,52
Koefisien Pengaliran Rancangan				0,81	
3	Saluran Boulevard	Permukiman dan Perkotaan	0,70	2,38	1,67
		Perdagangan dan jasa	0,80	2,16	1,72
		Universitas	0,80	1,05	0,84
		Fasilitas Umum	0,80	2,38	1,90
	Jalan Beraspal	0,90	3,51	3,16	
Total Luas			11	9,29	
Koefisien Pengaliran Rancangan				0,81	
4	Saluran Adhiyaksa 1	Permukiman dan Perkotaan	0,70	3,28	2,30
		Fasilitas Umum	0,80	1,11	0,89
		Perdagangan dan jasa	0,80	2,01	1,61
		Jalan Beton	0,90	4,01	3,61
	Total Luas			10	8,40
Koefisien Pengaliran Rancangan				0,81	
5	Saluran Adhiyaksa 2	Permukiman dan Perkotaan	0,70	2,08	1,46
		Fasilitas Umum	0,80	1,22	0,98
		Perdagangan dan jasa	0,80	2,13	1,70
		Jalan Beton	0,90	2,96	2,66
	Total Luas			8	6,80
Koefisien Pengaliran Rancangan				0,81	
6	Saluran Pengayoman 1	Permukiman dan Perkotaan	0,70	2,36	1,65
		Perdagangan dan jasa	0,80	3,01	2,41
		Jalan Beraspal	0,90	4,73	4,26
	Total Luas			10	8,32
Koefisien Pengaliran Rancangan				0,82	
7	Saluran Pengayoman 2	Perdagangan dan jasa	0,80	4,78	3,82
		Permukiman dan Perkotaan	0,70	5,66	3,96
		Jalan Beraspal	0,90	10,52	9,47
	Total Luas			21	17,25
Koefisien Pengaliran Rancangan				0,82	
8	Saluran Toddopuli Raya	Permukiman dan Perkotaan	0,70	5,61	3,927
		Lahan Kosong	0,30	0,003	0,0009
		Perdagangan dan jasa	0,80	4,32	3,456
		Jalan Beton	0,90	12,65	11,385
	Total Luas			23	18,77
Koefisien Pengaliran Rancangan				0,83	
9	Saluran Hertasning 1	Permukiman dan Perkotaan	0,70	3,78	2,646
		Perdagangan dan jasa	0,80	3,20	2,56
		Jalan Beraspal	0,90	7,23	6,51
	Total Luas			14	11,71
Koefisien Pengaliran Rancangan				0,82	
10	Saluran Hertasning 2	Permukiman dan Perkotaan	0,70	3,45	2,42
		Perdagangan dan jasa	0,80	2,24	1,792
		Lapangan	0,30	1,09	0,327

		Jalan Beraspal	0,90	6,96	6,26
	<b>Total Luas</b>			<b>14</b>	<b>10,80</b>
	<b>Koefisien Pengaliran Rancangan</b>				<b>0,79</b>
11	Saluran	Perdagangan dan jasa	0,80	3,42	2,736
	Adiyaksa Baru	Permukiman dan Perkotaan	0,70	5,22	3,654
		Pendidikan	0,30	1,34	0,402
		Lahan Kosong	0,30	0,002	0,0006
		Jalan Beraspal	0,90	8,43	7,59
	<b>Total Luas</b>			<b>18</b>	<b>14,38</b>
	<b>Koefisien Pengaliran Rancangan</b>				<b>0,78</b>
12	Saluran	Permukiman dan Perkotaan	0,70	4,72	3,30
	Pandang Raya	Perdagangan dan jasa	0,80	1,53	1,22
		Jalan Beraspal	0,90	7,54	6,79
	<b>Total Luas</b>			<b>14</b>	<b>11,31</b>
	<b>Koefisien Pengaliran Rancangan</b>				<b>0,82</b>
13	Saluran	Permukiman dan Perkotaan	0,70	2,68	1,88
	Jl. Dirgantara	Perdagangan dan jasa	0,80	2,12	1,696
		Sekolah	0,80	1,06	0,85
		Lahan Kosong	0,30	0,001	0,000
		Jalan Beraspal	0,90	3,57	3,21
	<b>Total Luas</b>			<b>9</b>	<b>7,63</b>
	<b>Koefisien Pengaliran Rancangan</b>				<b>0,81</b>
14	Saluran	Permukiman dan Perkotaan	0,70	4,21	2,95
	Taman	Perdagangan dan jasa	0,90	1,65	1,49
	Makam	Sekolah	0,80	1,45	1,16
	Pahlawan	Kuburan	0,25	2,78	0,70
		Jalan Beton	0,90	6,33	5,70
	<b>Total Luas</b>			<b>16</b>	<b>11,98</b>
	<b>Koefisien Pengaliran Rancangan</b>				<b>0,73</b>
15	Saluran	Permukiman dan Perkotaan	0,70	2,42	1,69
	Dr. Leimena	Perdagangan dan jasa	0,80	1,00	0,80
		Sempadan Sungai	0,30	2,02	0,61
		Industri	0,90	1,12	1,01
		Jalan Beraspal	0,90	2,27	2,04
	<b>Total Luas</b>			<b>9</b>	<b>6,15</b>
	<b>Koefisien Pengaliran Rancangan</b>				<b>0,70</b>
16	Saluran	Permukiman dan Perkotaan	0,70	12,35	8,65
	Jl. Antang Raya	Perdagangan dan jasa	0,80	6,52	5,22
		Lahan Kosong	0,30	0,004	0,001
		Jalan Beraspal	0,90	17,41	15,67
	<b>Total Luas</b>			<b>36</b>	<b>29,53</b>
	<b>Koefisien Pengaliran Rancangan</b>				<b>0,81</b>
17	Saluran	Permukiman dan Perkotaan	0,70	4,39	3,07
	Billawayah	Perdagangan dan jasa	0,80	3,13	2,50
		Lahan Kosong	0,30	0,003	0,00
		Jalan Beraspal	0,70	5,78	4,05
	<b>Total Luas</b>			<b>13</b>	<b>9,62</b>
	<b>Koefisien Pengaliran Rancangan</b>				<b>0,72</b>

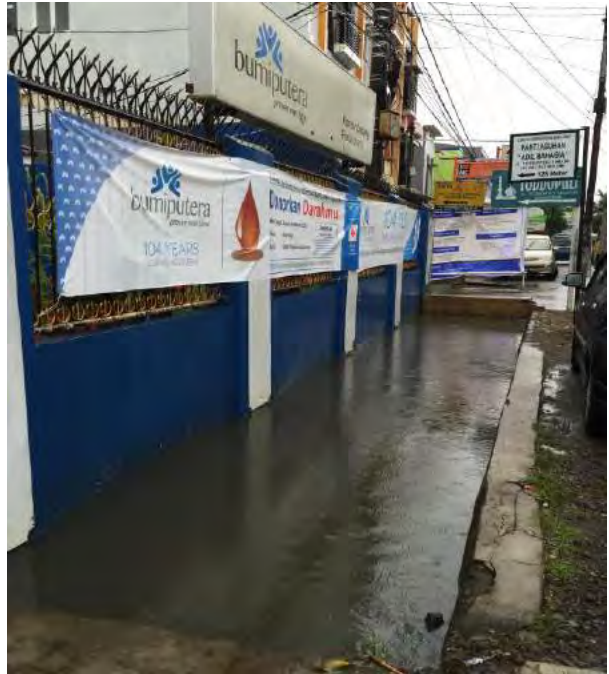
Sumber: Hasil Analisis



## DOKUMENTASI







## **LAMPIRAN II**

- **Analisa Harga Satuan Volume Pekerjaan Rencana  
Anggaran Biaya Sumur Resapan**

**RENCANA ANGGARAN BIAYA**  
**SUMUR RESAPAN UNTUK PERUMAHAN**

No	PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HRG SATUAN	JUMLAH
<b>1</b>	<b>Persiapan</b>				
1.1	Pembersihan Lapangan	10.00	m2	12,000.00	120,000.00
1.2	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	1.00	m'	81,000.00	81,000.00
<b>2</b>	<b>Pekerjaan Tanah</b>				
2.1	Galian Tanah Sumur	15.64	m3	54,720.00	855,820.80
2.2	Galian Saluran Air Hujan	0.36	m3	54,720.00	19,699.20
2.3	Urugan Tanah Kembali	0.89	m3	23,760.00	21,146.40
<b>3</b>	<b>Pekerjaan Sumur Resapan</b>				
A	Pasangan Batu Merah 1/2 Bata 1:4	17.80	m2	102,600.00	1,826,280.00
B	Pasangan Batu Kosong	0.91	m3	382,515.00	348,088.65
B	Plat Beton ul 1.05 x 1.05 x 0.1m	1.00	Unit	571,765.32	571,765.32
B	Pemasangan Buis Beton	6.00	buah	481,000.00	2,886,000.00
B	Timbunan Kerikil	1.80	m3	235,200.00	423,360.00
B	Plesteran 1:4 t=1.5cm	3.07	m2	45,963.00	141,106.41
B	Pemasangan Ijuk	1.81	m2	550,800.00	996,948.00
<b>4</b>	<b>Pekerjaan Perpipaan</b>				
A	Pengadaan dan Pemasangan Pipa PVC 4"	8.00	m	122,587.50	980,700.00
				<b>TOTAL</b>	<b>9,271,914.78</b>
				<b>PPn 10%</b>	<b>927,191.48</b>
				<b>Total</b>	<b>10,199,106.26</b>
				<b>Pembulatan</b>	<b>10,199,000.00</b>

Sumber: Hasil Analisis



**RENCANA ANGGARAN BIAYA**  
**SUMUR RESAPAN UNTUK JALAN RAYA/TAMAN**

No	PEKERJAAN	VOLUME	SAT	HRG SATUAN	JUMLAH
<b>1</b>	<b>Persiapan</b>				
1.1	Pembersihan	6.76	m2	12,000.00	81,120.00
<b>2</b>	<b>Pekerjaan Tanah</b>				
2.1	Galian Tanah	15.64	m3	54,720.00	855,820.80
2.2	Urugan Tanah Kembali	0.94	m3	23,760.00	22,296.38
<b>3</b>	<b>Pekerjaan Sumur Resapan</b>				
3.1	Pasangan Batu Merah 1/2 Bata 1:4	20.88	m2	102,600.00	2,142,390.60
3.2	Pasangan Batu Kosong	0.73	m3	382,515.00	277,453.43
3.3	Tutup Plat Beton	1.00	Unit	1,206,399.29	1,206,399.29
3.4	Batu koral	3.30	m3	250,000.00	824,250.00
3.5	Plesteran 1:4 t=1.5cm	20.88	m2	45,963.00	959,753.40
3.6	Pemasangan Ijuk	17.14	m2	550,800.00	9,443,135.52
				<b>TOTAL</b>	<b>15,812,619.42</b>
				<b>PPn 10%</b>	<b>1,581,261.94</b>
				<b>Total</b>	<b>17,393,881.36</b>
				<b>Pembulatan</b>	<b>17,393,000.00</b>

Sumber: Hasil Analisis

**DAFTAR HARGA SATUAN UPAH DAN BAHAN TAHUN 2015**

<b>1. Pembersihan Lapangan m2</b>					
KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.100	org/hr	Rp 60,000.00	6,000.00	
Mandor	0.050	org/hr	Rp 120,000.00	6,000.00	
				<b>Jumlah :</b>	<b>12,000.00</b>

<b>Overhead + Profit</b>	
<b>10% :</b>	-
<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>	12,000.00

## 2. Pengukuran dan Bouwplank

Bouwplank		m'			
KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Bahan</b>					
Kayu Balok 5/7	0.014	m3	Rp 3,000,000.00	42,000.00	<b>64,350.00</b>
Paku	0.020	Kg	Rp 15,000.00	300.00	
Papan Kayu Lokal	0.007	m3	Rp 3,150,000.00	22,050.00	
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.100	org/hr	Rp 60,000.00	6,000.00	<b>16,650.00</b>
Tukang kayu	0.100	org/hr	Rp 90,000.00	9,000.00	
Kepala Tukang	0.010	org/hr	Rp 105,000.00	1,050.00	
Mandor	0.005	org/hr	Rp 120,000.00	600.00	
				<b>Jumlah :</b>	81,000.00
				<b>Overhead + Profit</b>	
				<b>10% :</b>	-
				<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>	81,000.00

## 3. Galian Tanah Biasa m3

KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.760	org/hr	Rp 60,000.00	45,600.00	
Mandor	0.076	org/hr	Rp 120,000.00	9,120.00	
<b>Jumlah :</b>					54,720.00
<b>Overhead + Profit</b>					-
<b>10% :</b>					-
<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>					54,720.00

## 4. Urugan Kembali Galian Tanah m3

KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.330	org/hr	Rp 60,000.00	19,800.00	
Mandor	0.033	org/hr	Rp 120,000.00	3,960.00	
<b>Jumlah :</b>					23,760.00
<b>Overhead + Profit</b>					-
<b>10% :</b>					-
<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>					23,760.00

## 5. Pasangan 1/2 Bata Bata Merah 1:4

KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Bahan</b>					
Bata Merah kelas 1	70.000	Buah	Rp 750.00	52,500.00	<b>72,750.00</b>
PC	11.500	kg	Rp 1,200.00	13,800.00	
PP	0.043	m3	Rp 150,000.00	6,450.00	

<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.300	org/hr	Rp 60,000.00	18,000.00	<b>29,850.00</b>
Tukang Batu	0.100	org/hr	Rp 90,000.00	9,000.00	
Kepala Tukang	0.010	org/hr	Rp 105,000.00	1,050.00	
Mandor	0.015	org/hr	Rp 120,000.00	1,800.00	
				<b>Jumlah :</b>	102,600.00
				<b>Overhead + Profit</b>	
				<b>10% :</b>	-
				<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>	102,600.00

#### 6. Pasangan 1/2 Bata Bata Merah 1:4

KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Bahan</b>					
Batu Belah 15 cm / 20 cm	1.200	m3	Rp 200,000.00	240,000.00	<b>291,840.00</b>
Pasir urug	0.432	m3	Rp 120,000.00	51,840.00	
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.780	org/hr	Rp 60,000.00	46,800.00	<b>90,675.00</b>
Tukang Batu	0.390	org/hr	Rp 90,000.00	35,100.00	
Kepala Tukang	0.039	org/hr	Rp 105,000.00	4,095.00	
Mandor	0.039	org/hr	Rp 120,000.00	4,680.00	
				<b>Jumlah :</b>	382,515.00
				<b>Overhead + Profit</b>	
				<b>10% :</b>	-
				<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>	382,515.00

#### 7. Plat Beton

		<b>unit</b>			
KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
Beton K-300	0.408	m3	Rp 828,814.29	337,749.45	
Besi	20.375	kg	Rp 9,084.00	185,090.68	
Bekiting	2.795	m2	Rp 244,600.00	683,559.16	
				<b>Jumlah :</b>	1,206,399.29
				<b>Overhead + Profit</b>	
				<b>10% :</b>	-
				<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>	1,206,399.29

#### 8. Beton K-300

		<b>m3</b>			
KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Bahan</b>					
Portland Cement	413.000	kg	Rp 1,200.00	495,600.00	<b>692,164.29</b>
Pasir Beton	681.000	kg	Rp 107.14	72,964.29	

Kerikil (maksimum 30 mm)	1,021.000	kg	Rp 100.00	102,100.00	
Air	215.000	Liter	Rp 100.00	21,500.00	
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	1.650	org/hr	Rp 60,000.00	99,000.00	<b>136,650.00</b>
Tukang Batu	0.275	org/hr	Rp 90,000.00	24,750.00	
Kepala Tukang	0.028	org/hr	Rp 105,000.00	2,940.00	
Mandor	0.083	org/hr	Rp 120,000.00	9,960.00	
				<b>Jumlah :</b>	828,814.29
				<b>Overhead + Profit</b>	
				<b>10% :</b>	-
				<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>	828,814.29

#### 9. Pembesia 10kg

KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Bahan</b>					
Besi Beton (Polos/Ulir)	10.500	kg	Rp 7,250.00	76,125.00	<b>79,125.00</b>
Kawat Beton	0.150	kg	Rp 20,000.00	3,000.00	
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.070	org/hr	Rp 60,000.00	4,200.00	<b>11,715.00</b>
Tukang Besi	0.070	org/hr	Rp 90,000.00	6,300.00	
Kepala Tukang	0.007	org/hr	Rp 105,000.00	735.00	
Mandor	0.004	org/hr	Rp 120,000.00	480.00	
				<b>Jumlah :</b>	90,840.00
				<b>Overhead + Profit</b>	
				<b>10% :</b>	-
				<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>	
				Tiap 10 kg	90,840.00
				Tiap 1 kg	9,084.00

#### 10. Bekisting

m2

KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Bahan</b>					
Kayu Kelas III	0.020	m3	Rp 2,500,000.00	50,000.00	<b>167,875.00</b>
Paku	0.400	kg	Rp 15,000.00	6,000.00	
Minyak Bekisting	0.200	ltr	Rp 10,000.00	2,000.00	
Balok Kayu Kelas II	0.008	m3	Rp 3,150,000.00	23,625.00	

Plywood Tebal 15	0.175	lbr	Rp 150,000.00	26,250.00	
Dolken Kayu	3.000	btg	Rp 20,000.00	60,000.00	
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.660	org/hr	Rp 60,000.00	39,600.00	<b>76,725.00</b>
Tukang Kayu	0.330	org/hr	Rp 90,000.00	29,700.00	
Kepala Tukang	0.033	org/hr	Rp 105,000.00	3,465.00	
Mandor	0.033	org/hr	Rp 120,000.00	3,960.00	
<b>Jumlah :</b>				244,600.00	
<b>Overhead + Profit</b>					
<b>10% :</b>				-	
<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>				244,600.00	

#### 11. Urugan Kerikil m3

KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Bahan</b>					
Kerikil	1.200	m3	Rp 180,000.00	216,000.00	<b>216,000.00</b>
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.300	org/hr	Rp 60,000.00	18,000.00	<b>19,200.00</b>
Mandor	0.010	org/hr	Rp 120,000.00	1,200.00	
<b>Jumlah :</b>				235,200.00	
<b>Overhead + Profit</b>					
<b>10% :</b>				-	
<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>				235,200.00	
Tiap 10 kg					

#### 12. Plesteran 1:4 tebal

##### 15mm

KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Bahan</b>					
Portland Cement	6.240	kg	Rp 1,200.00	7,488.00	<b>11,088.00</b>
Pasir Pasang	0.024	m3	Rp 150,000.00	3,600.00	
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.300	org/hr	Rp 60,000.00	18,000.00	<b>34,875.00</b>
Tukang Batu	0.150	org/hr	Rp 90,000.00	13,500.00	
Kepala Tukang	0.015	org/hr	Rp 105,000.00	1,575.00	
Mandor	0.015	org/hr	Rp 120,000.00	1,800.00	
<b>Jumlah :</b>				45,963.00	
<b>Overhead + Profit</b>					
<b>10% :</b>				-	
<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>				45,963.00	

#### 13. Ijuk tebal 10cm m2

KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Bahan</b>					
Ijuk	6.000	kg	Rp 90,000.00	540,000.00	<b>540,000.00</b>
<b>Tenaga Kerja</b>					

Pekerja	0.150	org/hr	Rp 60,000.00	9,000.00	<b>10,800.00</b>
Mandor	0.015	org/hr	Rp 120,000.00	1,800.00	
				<b>Jumlah :</b>	550,800.00
				<b>Overhead + Profit</b>	
				<b>10% :</b>	-
				<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>	550,800.00

**14. Pipa PVC Tipe AW 4" m'**

KOEF/SATUAN/URAIAN	Koef.	SAT	HARSAT	SUB. JUMLAH	JUMLAH
2	3	4	5	6	7
<b>Bahan</b>					
Pipa PVC Ø 4"	1.200	m'	Rp 64,000.00	76,800.00	<b>103,680.00</b>
Perlengkapan 35% Harga Pipa	1.000	Ls	Rp 26,880.00	26,880.00	
<b>Tenaga Kerja</b>					
Pekerja	0.081	org/hr	Rp 60,000.00	4,860.00	<b>18,907.50</b>
Tukang Pipa	0.135	org/hr	Rp 90,000.00	12,150.00	
Kepala Tukang	0.014	org/hr	Rp 105,000.00	1,417.50	
Mandor	0.004	org/hr	Rp 120,000.00	480.00	
				<b>Jumlah :</b>	122,587.50
				<b>Overhead + Profit</b>	
				<b>10% :</b>	-
				<b>Jumlah &amp; pembulatan :</b>	122,587.50

**DAFTAR HARGA UPAH**

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARGA SATUAN	SAT
1	Mandor	120,000.00	oh
2	Kepala Tukang	105,000.00	oh
3	Tukang	90,000.00	oh
4	Pekerja	60,000.00	oh

**DAFTAR HARGA BORONGAN**

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARGA SATUAN	SAT
1	Buis Beton	481,000.00	bh
2	Batu Koral	250,000.00	m3

**HARGA BAHAN**

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARGA SATUAN	SAT
	<b>Material Kayu</b>		
1	Kayu Balok 5/7	3,000,000.00	m3
2	Papan Kayu	3,150,000.00	m3

3	Kayu Kelas III	2,500,000.00	m3
4	Balok Kayu Kelas II	3,150,000.00	m3
5	Plywood 9mm	150,000.00	lbr
6	Dolken Kayu	20,000.00	btg
	<b>Material Besi</b>		
1	Paku	15,000.00	kg
2	Besi	7,250.00	kg
3	Kawat Beton	20,000.00	kg
	<b>Material Dinding</b>		
1	Bata Merah	750.00	bh
	<b>Material Perekat</b>		
1	Semen PC	1,200.00	kg
	<b>Material Alam</b>		
1	Pasir Pasang	150,000.00	m3
2	Pasir Urug	120,000.00	m3
3	Pasir Beton	150,000.00	m3
4	Pasir Beton	107.14	kg
5	Batu Belah	200,000.00	m3
6	Kerikil	180,000.00	m3
7	Kerikil	100.00	kg
8	Air	100.00	ltr
	<b>Lain-Lain</b>		
1	Minyak Bekisting	10,000.00	ltr
2	Ijuk	90,000.00	kg
3	Pipa PVC 4"	64,000.00	m'

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari total 26 saluran di Kecamatan Panakkukang yang terdiri dari 9 saluran primer dan 17 saluran sekunder, terdapat 19 saluran dengan adanya sedimen yang tidak memenuhi kapasitasnya sebesar  $51,50 \text{ m}^3/\text{dt}$  total genangan dan 11 saluran tanpa sedimen yang tidak memenuhi kapasitasnya untuk menampung debit air hujan dengan jumlah total debit genangan  $9,26 \text{ m}^3/\text{dt}$ .
2. Alternatif penanganan genangan dengan melakukan penggerukan sedimen terhadap saluran dengan adanya sedimen serta menggunakan sumur resapan untuk saluran yang tidak mampu menampung debit air hujan. Dimensi sumur resapan yang digunakan dengan diameter 1,4 m dan kedalaman total air yang dapat diresapkan 6 m. kapasitas sumur resapan  $0,0037 \text{ m}^3/\text{dt}$ , maka dari total debit genangan diperoleh 2.512 buah sumur yang diperlukan untuk mengurangi genangan. Total debit yang dapat diresapkan sebesar  $9,33 \text{ m}^3/\text{dt}$  sehingga masih memiliki cadangan sebesar  $0,07 \text{ m}^3/\text{dt}$  yang dapat ditampung.
3. Besar total biaya yang diperlukan untuk pembuatan 1 unit sumur resapan adalah Rp.10.199.000,00 sesuai dengan harga satuan pembangunan kota Makassar. Adapun perhitungan biaya kerugian yang ditimbulkan akibat genangan dengan jumlah total genangan yang ada, maka didapatkan sebesar Rp.1.633.056.517,00 dengan melihat kerusakan fisik langsung, kerusakan tidak langsung, kerusakan tidak nyata, serta perluasan dan pengembangan tanah di masa yang akan datang.

#### **6.2 Saran**

1. Pada titik lokasi yang mengalami genangan perlu dilakukan usaha peningkatan kapasitas saluran yaitu normalisasi saluran dengan memperlebar, memperdalam, melakukan penggerukan sedimen untuk menghindari adanya pengendapan, serta memberitahukan kepada masyarakat untuk tidak membuang sampah pada saluran drainase baik primer maupun sekunder.



2. Penerapan sistem drainase berwawasan lingkungan sebaiknya diterapkan di Kecamatan Panakkukang sebagai upaya untuk menangani masalah genangan yang terjadi serta dapat menambah potensi air tanah yang semakin lama semakin berkurang.
3. Hendaknya tesis ini dijadikan bahan pertimbangan Pemerintah Daerah Kota Makassar untuk menangani permasalahan genangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abida, H., Sabourin, J.F., 2006. *Grass swale-perforated pipe systems for stormwater management*. J. Irrig. Drain. Eng. 132 (1), 55-63.
- Alagna V., Bagarello V., dkk., 2016. *Testing infiltration run effects on the estimated water transmission properties of a sandy-loam soil*. Geoderma. 267. 24-33.
- Ariesta. D. P, 2013. Studi Potensi Penerapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan pada Kecamatan Rungkut Kota Surabaya. Surabaya: FTSL-ITS.
- Anonim, 1996. Pedoman Pengendalian Banjir, Volume II, Pedoman Pelaksanaan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), 2014, Kota Makassar.
- BPS, 2014. Makassar Dalam Angka. Badan Pusat Statistik, Makassar.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), 2014. Rencana Kontijensi Banjir Kota Makassar. Makassar.
- Bouma, J., 1982. *Measuring the hydraulic conductivity of soil horizons with continuous macropores*. Soil Sci. Soc. Am. J. 46, 438-441.
- Booth, D.B., Jackson, C.R., 1997. Urbanization of aquatic Systems: Degradation thresholds, stormwater detention, and the limits of mitigation. J. Am. Water Resour. Assoc. 33 (5), 1077–1090.
- Chow, V. T. 1989. Open Channel Hidraulics. Alih Bahasa: Ir. Suyatman. Jakarta: Erlangga.
- Chow, V. T. 1992. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta: Erlangga.
- Dinas Tata Ruang dan Permukiman Provinsi Sulawesi Selatan, 2011. Makassar.
- Dinas Pekerjaan Umum, 2015. Pemetaan Drainase Kota Makassar 14 Kecamatan. Makassar.
- Ditjen PPLP. 2011. Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum.
- Erickson, A.J., Gulliver, J.S., Weiss, P.T., 2007. *Enhanced sand filtration for storm water phosphorus removal*. J. Environ. Eng. 133 (5), 485-497.

- Fakhrudin, M, 2010. Kajian Sumur Resapan sebagai Pengendali Banjir dan Kekeringan di Jabodetabek. *J.Limnotek* 17(1):8-16. Limnologi LIPI.
- Field, R., 1975. *Coping with urban runoff in the United States*. Water Res. 9 (5-6), 499-505.
- Howard, A., Mohseni, O., Gulliver, J.S., Stefan, H.G., 2011. *SAFL Baffle retrofit for suspended sediment removal in storm sewer sumps*. Water Res. 45, 5895-5904.
- Howard, A., Mohseni, O., Gulliver, J.S., Stefan, H.G., 2012. *Use of standard sumps for suspended sediment removal from stormwater*. J. Hydraul. Eng. 138 (6), 491-502.
- Joga, N. 2009. Ekspedisi Ciliwung. *Laporan Jurnalistis Kompas*. Mata Air. Air Mata. Gramedia.
- Juanvickey, P. 2015. <http://www.ilmudasardanteknik.com> Konsep Drainase Berwawasan Lingkungan. Ilmu Dasar dan Teknik.
- Kayhanian, M., Suverkropp, C., Ruby, A., Tsay, K., 2007. Characterization and prediction of highway runoff constituent event mean concentration. J. Environ. Manage. 85 (2), 279–295.
- Kayhanian, M., Fruchtmann, B., Gulliver, J.S., Montanaro, C., Raniere, E., Wuertz, S., 2012. Review of highway runoff characteristics: comparative analysis and universal implications. Water Res. 46 (9), 6609–6624.
- Kementerian Kehutanan, 2013. Pedoman Identifikasi Karakteristik Daerah Aliran Sungai, Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2011. Panduan Pengawasan Sistem Pengelolaan Drainase, Inspektorat Jenderal DPU, Jakarta.
- Masduki, H.S, 1998. Perencanaan Sistem Drainase. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- National Research Council, 2008. Urban Stormwater Management in the United States. Rep. No. Committee on Reducing Stormwater Discharge Contributions to Water Pollution, Water Science and Technology Board, Division on Earth and Life Studies. The National Academies Press, Washington, D.C.
- Nurhapni, Burhanuddin H., 2015. Kajian Pembangunan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan di Kawasan Perumahan. Universitas Islam Bandung. FT-Prodi PWK. Bandung.

- Pramono, I.B. 2013. Cara Alami Atasi Banjir Jakarta. Republika online 22 Januari 2013.
- Rahmawati A., 2015. Evaluasi Sistem Drainase Terhadap Penanggulangan Genangan di Kecamatan Sidoarjo, Buduran, Candi, dan Wonoayu, Kabupaten Sidoarjo. Surabaya: FTSL-ITS.
- Rauf S., 2014. Analisis dan Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Kota Makassar Berbasis Spasial.
- Sanchez, P. A. 1992, Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika: Jilid I. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Soewarno. 1995. Hidrologi Metode Statistik Untuk Analisa Data, Jilid 1. Bandung: Nova
- Sosrodarsono, Suyono, 1983, Hidrologi Untuk Pengairan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. 1987. Hidrologi Untuk Pengairan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Subagyono, K., H. Pawitan. 2008. Water Harvesting Techniques for Sustainable Water Resources Management in the catchment area. Proceedings of International Workshop on Integrated Watershed Management for Sustainable Water Use in a Humid Tropical Region. *Bull.Univ.Tsukuba No.8.Supplement No2*.
- Subarkah, I. 1980. Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air. Bandung: Idea Dharma.
- Suhardjono, 1984. Drainase. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.
- Sunjoto, 1991. Hidrolika Sumur Resapan. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sunjoto, 2011. Teknik Drainase Pro Air, 1<sup>st</sup> edition, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suripin, 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Jogjakarta: Andi.
- Syahrial F, 2007. Evaluasi Pengelolaan Sistem Drainase Kota Padang (Studi Kasus: Drainase Air Tawar – Ganting). Surabaya: FTPLP-ITS.
- Triatmojo, B. 2010. Hidrologi Terapan, 2<sup>nd</sup> edition, *Beta Offset*, Yogyakarta.

## **BIODATA**

### **Data Diri**

Nama : Soraya K. Hadi  
Tempat/Tgl Lahir : Ujung Pandang, 23 Juni 1991  
No. Hp : +6285255255838  
E-mail : sorayakarim@yahoo.com  
Alamat : Jl. Racing centre Blok H/7 Komp. UMI,  
Makassar, Sulawesi Selatan, 90231



### **Riwayat Pendidikan**

1997 – 2003 : SD Islam Athirah Makassar  
2003 – 2006 : SMP Nusantara Makassar  
2006 – 2009 : SMA Negeri 1 Makassar  
2009 – 2013 : S1 Teknik Sipil Program Studi Teknik Lingkungan,  
Universitas Hasanuddin  
2014 – 2016 : S2 Magister Teknik Sanitasi Lingkungan, Institut  
Teknologi Sepuluh Nopember